Aus der Frauenklinik der Universität Tübingen
(Kommissarischer Direktor Professor Dr. V. Probst)

Gedanken über die Apgar-Zahl

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Volker Sänger
aus Wuppertal

1974

Aus der Frauenklinik der Universität Tübingen
(Kommissarischer Direktor Professor Dr. V. Probst)

Gedanken über die Apgar-Zahl

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Volker Sänger
aus Wuppertal

1974

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan:	Prof. Dr. E. Körber
1. Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. V. Unbehaun (Prof. Dr. V. Probst)
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. M. P. Geppert
3. Berichterstatter:	Priv.-Doz. Dr. D. Larbig

I N H A L T

Einleitung 1

Material und Methode 7

Ergebnisse

I. Genauigkeit der Apgar-Zahl-Bestimmung 11

II. Variabilität der Apgar-Zahl 18

III. Korrelation mit dem Säure-Basen-Haushalt 28

IV. Neue Modelle 43

V. Weitere Parameter 46

Diskussion und Schlußfolgerungen 48

Zusammenfassung 52

Literatur 57

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546528_0022

Einleitung

1953 hat die amerikanische Anaesthesistin VIRGINIA APGAR (1) ein Punktsystem zur Beurteilung des klinischen Zustandes von Neugeborenen veröffentlicht. Das nach ihr benannte Punktsystem, die Apgar-Zahl, hat in den folgenden Jahren großen Anklang in der gesamten geburtshilflichen und paediatrischen Welt gefunden. Dieser ungewöhnliche Erfolg war nicht unbegründet und ist im wesentlichen auf vier Faktoren zurückzuführen.

1.) Das Benotungssystem nach APGAR ermöglichte erstmals eine methodisch einfache Beurteilung des Zustandes eines Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt. Damit wurden dem Geburtshelfer bzw. dem Paediater brauchbare Kriterien für Wiederbelebungs-Maßnahmen an die Hand gegeben.

2.) Das Apgar-Schema erlaubte erstmals einen Vergleich zwischen der geburtshilflichen Leistung verschiedener Kliniken sowie der Wirkung pathogenetischer Faktoren, wie Hypoxie, Medikamente etc. auf den nasciturus.

3.) Die Apgar-Zahl gestattete eine bessere Voraussage des mutmaßlichen Schicksals eines Neugeborenen, und

4.) das Bewertungssystem lenkte ganz generell die Aufmerksamkeit des Geburtshelfers auf das Neugeborene und seine Anpassungsschwierigkeiten während der ersten Lebensminuten und -stunden. Dergestalt hat der 'Apgar-score' wesentlich zur raschen Entwicklung der Perinatologie beigetragen.

Vorher unterschied man in Anlehnung an CASEAUX (39) eine leichtere Form der Neugeborenen-Depression, die Asphyxia livida, von der schweren, der Asphyxia pallida. Beurteilt wurden die Hautfarbe des Neugeborenen, die Atmung, der Herzschlag und der Muskeltonus.

Nach PISKACZEK (2) sieht das blau-asphyktische Kind aus wie ein lebendes, dem die Atmung fehlt, und das blaß-asphyktische wie ein totes, das noch Herzschlag hat. Alle späteren Schemata wurden aus diesem grundlegenden Einteilungsprinzip entwickelt unter Hervorhebung verschiedener Einzelsymptome (FLAGG (3), LUND (4), MERDLER-PALTIN (5), CRAIG und FRASER (6), HÜTER (7)). Das Punktsystem nach APGAR (1) brachte durch die Quantifizierung eine entscheidende Verbesserung.

Lebenszeichen	Bewertungspunkte			Summe
	0	1	2	
Herzfrequenz	keine	< 100 bqm	> 100 bqm	
Atmung	keine	Schnappatmung, unregelmäßig	regelmäßig	
Haut (Kolorit)	blau oder weiß	Stamm rosig Extrem. blau	rosig	
Tonus	schlaff	mittel, träge Flexionsbeweg.	gut, Spontanbeweg.	
Reflexe	keine	'Grimassieren' bei Reizen	Husten/Niesen bei Reizung	
			Gesamt-Summe:	

Tabelle 1: Apgar-Schema

Beim Apgar-Schema werden fünf Lebensäußerungen des Neugeborenen eine Minute nach vollständiger Geburt des Kindes nach den in Tabelle 1 gegebenen Richtlinien grob quantifiziert. Für eine Lebensfunktion des Neugeborenen, z.B. die Herzfrequenz, können prinzipiell 3 Bewertungen gegeben werden, nämlich die Punktzahl 0, 1 oder 2. Dieses Vorgehen kommt einer Art Rangierung gleich; denn es wird nicht mehr der gemessene, numerische Wert der Herzschlagfrequenz oder ein daraus errechneter Parameter (z.B. ein Mittelwert), sondern es werden die Rangzahlen verwendet; für die Apgar-Zahl selbst werden die Rangzahlen aller 5 Lebensfunktionen addiert.

Dies führt zu einer Höchstpunktzahl von 10 und einem Minimum von 0 Punkten. Ersteres entspricht der völligen Lebensfrische des Neugeborenen und Letzteres dem klinischen Tod des Kindes. Die Kriterien für die Rangierung der Lebensfrischezeichen sind aus Tabelle 1 ersichtlich. Wesentlich dabei ist, daß für die Herzschlagfrequenz nur dann die Bewertung '0' gegeben werden darf, wenn die kindliche Herzaktion weder gehört noch gesehen oder getastet werden kann (1). Dies ist nicht identisch mit dem elektrokardiographischen Tod des Herzens, der in der Regel später eintritt (40).
Wesentlich ist auch der Zeitpunkt der Benotung:
Nach APGAR ist der Zeitpunkt 60 Sekunden nach vollständiger Geburt des Kindes der günstigste und allen anderen Zeitspannen (30 Sek., 90 Sek., 120 Sek.) überlegen, da nach 1 Minute die klinische Depression des Neugeborenen am ausgeprägtesten ist (8). (Die maximale biochemische Depression liegt $\sim$ 2 Minuten später (9, 10)). Diese Zeitspanne von 60 Sek. sollte immer eingehalten werden, auch dann, wenn sofort post partum Reanimations-Maßnahmen ergriffen wurden (1).

Obwohl die Apgar-Zahl sich praktisch grundsätzlich bewährt hat, weltweit Verbreitung fand und positive wissenschaftliche Berichte mehrerer unabhängiger Autoren vorliegen (11 - 25), hat es nicht an kritischen Stellungnahmen gefehlt.

SALING (27) und WULF (26) haben 1965 auf prinzipielle Schwächen der Apgar-Zahl hingewiesen:

1) Beide Autoren äußerten unabhängig voneinander Zweifel an der Eignung der Herzfrequenz als Maßstab für die Lebenstüchtigkeit des Neugeborenen. Bei asphyktischen Neugeborenen variiert die Herzfrequenz unabhängig vom Schweregrad der Störung stark (28, 29). Hinzu kommt, daß die Herzfrequenz 60 Sek. nach der Geburt nicht selten schwer zu bestimmen ist und eine zweite, geschulte Hilfsperson notwendig macht (wie sie von APGAR ursprünglich auch gefordert wurde (1, 8)).

2) Als weiteren Mangel des Apgar-Index wird die Nichtberücksichtigung des Füllungszustandes der Nabelschnurgefäße angesehen, ein Symptom, auf das MERDLER-PALTIN (30) besonders hingewiesen hat. Der Füllungszustand der Nabelschnur und ihre Pulsationen spiegeln die Druckverhältnisse im fetalen Kreislauf wieder. WULF (26) betonte, daß die Blutdruckverhältnisse des Neugeborenen, meßbar an Turgeszenz und Pulsation der Nabelschnur, ein weit besserer Maßstab für die Kreislaufsituation sei als die Pulszahl. Diese Ansicht wird auch von SALING (27) vertreten.

Um zu einem praktikablen Punktsystem zu kommen, schlug SALING (27) ein System vor, das nur aus vier rein visuell bestimmbaren Faktoren bestand:

1. Füllungszustand der Nabelschnur,
2. Hautfarbe,
3. Muskeltonus und Bewegungen,
4. Atmung während der ersten 1 1/2 Minuten.

Wesentlich und neu dabei war das Außerachtlassen der Reflextätigkeit des Neugeborenen und die Quantifizierung der beobachteten Lebenszeichen in 4 Rangstufen. Dies ergibt insgesamt 13 Stufen, die zwischen 0 und 12 liegen. SALING konnte zeigen, daß dieses Bewertungssystem gut mit den pH qu 40- und den Standard-Bicarbonatwerten in der Nabelvene korreliert. Für eine noch zuverlässigere Zustands-Diagnostik empfahl er, auch den Zeitpunkt des ersten Atemzuges, den des ersten Schreies, den des Einsetzens

der Spontanatmung und jenen einer deutlichen Hautrötung mit einer Stoppuhr festzuhalten und in Form eines Nebenschemas zu dokumentieren. Die 'Normalzeiten' für diese Ereignisse waren von WULF (31) und SALING (27) angegeben worden. Aus unerklärlichen Gründen hat dieses ebenso einfache wie plausible Punktsystem nach SALING keine weltweite Verbreitung gefunden.

WULF (26) seinerseits verzichtete in dem von ihm vorgeschlagenen Neugeborenen-Index ebenfalls auf die Bewertung der Reflexirritabilität. Darüber hinaus führte er ähnlich wie SALING eine allerdings 3-fach gestufte Beurteilung der Pulsationen und des Füllungszustandes der Nabelschnur ein. Dabei wird die prall-gefüllte, rhythmisch pulsierende Nabelschnur mit 2 Punkten, die schwach oder langsam pulsierende und wenig turgeszente Nabelschnur mit 1 Punkt und die kollabierte, pulslose Nabelschnur mit 0 Punkten bewertet. Die Höchstpunktzahl im WULF-Index beträgt demnach 8. Auch diese Indices korrelieren befriedigend mit den Parametern des Säure-Basen-Haushaltes.

Vergleichende Untersuchungen zwischen den 3 Beurteilungssystemen nach APGAR, SALING und WULF liegen nicht vor. Daher kann auch die Frage nach dem besten System bisher nicht beantwortet werden.

Aus dem anglo-amerikanischen Raum hat der englische Anaesthesist CRAWFORD (32, 33) auf weitere vermeintliche Schwächen der Apgar-Zahl hingewiesen:
1966 schlug er vor, die Beurteilung der Hautfarbe völlig aus dem System herauszunehmen - also einen 'Apgar minus color-score' (A - C) zu verwenden. Anlaß zu diesem Vorgehen war die Korrelations-Analyse der Apgar-Zahlen mit dem aktuellen pH, gemessen im Blut aus der Nabelarterie (NA) und dem Basenexzess (BE) in der NA. 1973 konnte CRAWFORD zeigen, daß die Faktoren Herzfrequenz, Muskeltonus und Reflexirritabilität am besten mit den Parametern des Säure-Basen-Haushaltes (pH, pCO_2, BE) korrelieren.

Diese Ergebnisse stehen in klarem Widerspruch zu den Beobachtungen von MERDLER-PALTIN (30), SALING (27), WULF (31) und auch zu den statistisch klaren und einwandfreien Analysen von BERG und SALING (34).

Alle genannten Autoren sehen in der Herzschlagfrequenz des Neugeborenen den Parameter mit der geringsten diagnostischen Aussagekraft.
APGAR selbst (1, 11) maß den Lebenszeichen Herzfrequenz und Atmung ebenfalls die größte Bedeutung bei, ohne dies allerdings klar zu belegen.
In der vorliegenden Arbeit sollte der Apgar-Schlüssel einer kritischen, wertenden Analyse unterzogen werden. Diese Analyse umfaßt folgende Fragestellungen:

1.) Wie genau sind unsere in der klinischen Routine bestimmten Apgar-Zahlen, d.h. wie hoch ist die Fehlerbreite?

2.) Wie groß ist die Variabilität innerhalb einer Apgar-Zahl?

3.) Wie gut ist die Korrelation der einzelnen Faktoren und der Apgar-Zahlen selbst mit den Parametern des Säure-Basen-Haushaltes?

4.) Gibt es Modelle, die klinisch aussagekräftiger sind als die herkömmliche Benotung von APGAR?

5.) Gibt es weitere Parameter, die den Zustand eines Neugeborenen sicher erfassen helfen?

Material und Methode

260 nicht ausgewählte Geburten aus der Universitäts-Frauenklinik Tübingen wurden untersucht. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über einige klinische Daten dieses Kollektivs. Neugeborene, die durch eine Schnittentbindung zur Welt kommen, wurden nicht berücksichtigt, um den schwer zu quantifizierenden Einfluß einer längeren Allgemein-Narkose auf die Apgar-Note zu eliminieren. Nach CRAWFORD (33) soll der Einfluß von Beruhigungs- und Schmerzmitteln auf die Apgar-Zahl gering und statistisch nicht signifikant sein. Alle Patientinnen waren psychologisch auf das Geburtsgeschehen nach der Tübinger Methode (Badegespräch, Read-Kurs) vorbereitet worden. Um die Genauigkeit der Apgar-Zahlen nach einer (Apgar 1) und fünf Minuten (Apgar 5) zu bestimmen, wurde die Benotung von zwei unabhängigen Beobachtern simultan vorgenommen. Ein Informationsaustausch oder eine Diskussion über die Bewertung fand nicht statt. Die erste Wertung wurde vom diensttuenden Geburtshelfer routinemäßig bestimmt, die andere zweite Zahl wurde vom Autor festgelegt unter Verwendung einer Stoppuhr und eines leistungsfähigen Stethoskopes. Es wurden jeweils die Noten für alle fünf Faktoren dokumentiert, deren Summe die Apgar-Zahl ergibt. Außerdem wurde vom Autor die Zeit bis zu einer kontinuierlichen Spontanatmung des Neugeborenen gestoppt ('time to sustained respiration', TSR (44)). Ferner wurden unmittelbar post partum die Nabelschnur-Gefäße punktiert und das Blut in langen heparinisierten Glaskapillaren anaerob aufgesogen. Die Parameter des fetalen Säure-Basen-Haushaltes und die aktuellen Blutgase wurden vom Autor selbst sofort bestimmt unter Verwendung der Radiometer-Geräte BMS 2, BMS 3, PHM 72 und GMA 1; es wurden die Eichpuffer Nr. S 1500 (pH 6.840 $\pm$ 0.005) und Nr. S 1510 (7.381 $\pm$ 0.005) der Firma Radiometer verwendet. - Alle Elektroden waren thermostatisiert (37^{o}C).

Merkmal	N	%	
Geburt:			
Spontan	238	93,54	
Forceps	6	2,40	
Vacuum	16	6,16	
Sectio	0	0,0	
Lage:			
HHL	251	96,56	
hi. HHL	2	0,77	
vo. Hl	6	2,30	
Steiss	1	0,37	
Fruchtwasser:			
klar	215	82,7	
mekoniumhaltig	45	17,3	
NS-Komplikationen:			
keine	186	71,5	
1 x Hals	61	23,5	
>1 x Hals	8	3,1	28,5 %
Hals + Körper	5	1,9	
Kind:			
Gewicht ($\bar{x} \pm SD$)	3.399,4 ± 505,3		
Länge ($\bar{x} \pm S$)	50,7 ± 2,0		
7^d pp ✝	3	1,15	
10^d pp ✝	1	0,37	

Tabelle 2: Wesentliche klinische Daten des untersuchten Kollektivs

Gesamt-Kollektiv
(N = 260)

Die Sauerstoffsättigung wurde nach den Formeln von HELLEGERS und SCHRUEFER aus dem aktuellen pH und dem Sauerstoff-Partialdruck berechnet (36). Desgleichen wurden die CO_2-Partialdrucke (pCO_2) aus dem aktuellen pH und zwei weiteren pH-Werten, die nach Äquilibrierung des fetalen Blutes mit zwei bekannten, kohlensäurehaltigen Gasen gemessen wurden, berechnet. Dabei wurde die Linearität der Pufferlinie im pH/log pCO_2-Koordinatensystem verwendet (37). Die Übereinstimmung zwischen den im Kurven-Nomogramm bestimmten Werten und den berechneten Partialdrucken war ausgezeichnet (r = 0.999) (38). - Alle Daten wurden auf Lochkarten übertragen. Nach Erlernen der Programmiersprache Fortran IV bei der IBM Deutschland wurde in Zusammenarbeit mit der IBM Schweiz (Dr. M. Favre) und Dr.V.M. Roemer (Frauenspital Basel) sowie Herrn Elsenberger (ETH Zürich) ein Computerprogramm entwickelt, mit dessen Hilfe alle Berechnungen durchgeführt werden konnten. Zur Durchführung stand uns ein IBM-System 370 Modell 155 des Kantons Basel-Stadt zur Verfügung.*)
Das Programm umfaßt das Main-programm und 9 Subroutinen und benötigt 210 000 Byte (= 210 K).

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über alle Daten, die bei dieser Studie erfaßt und auf je 2 Lochkarten übertragen wurden. Alle Daten wurden mit einer speziell geschriebenen Check-routine (PLAUS) auf logische Plausibilität und Schlüsselfehler geprüft.

Statistik:
Mittelwerte, Standardabweichungen und Konfidenzintervalle wurden nach bekannten Formeln berechnet. Bei Mittelwertsbildungen von Parametern aus Untergruppen wurden die gewichteten Mittelwerte berechnet.
Um das Ausmaß der Assoziation von zwei Variablen zu bestimmen, wurden die Rangkorrelationskoeffizienten nach SPEARMAN (R_s) und nach KENDALL (54)

*)Wir danken der Zentralstelle für elektronische Datenverarbeitung (ZED) des Kantons Basel-Stadt und ihrem Leiter Herrn Fluhbacher sehr herzlich für die ausgezeichnete Zusammenarbeit.

Mutter

1. Parität
2. Alter der Mutter (Jahren)
3. Geburt
   a) spontan
   b) Forceps
   c) Vacuumextraktion
   d) Schnittentbindung
4. Oxytocika subpartu
5. Fruchtwasserbeschaffenheit
6. Nabelschnurkomplikationen
7. Zustand der Fruchblase vor der Geburt
8. Eröffnungsperiode in Minuten
9. Austreibungsperiode in Minuten
10. Blutdruck syst. + diast. (Mittelwerte) } EPH-
11. Oedeme } Komplex
12. Proteinurie

Kind

1. Sex
2. Gewicht
3. Kindslage, Länge
4. Biparietaler Kopfdurchmesser
5. Frontooccipitaler Kopfumfang
6. Plazentagewicht
7. TSR-Zeit ('time to sustained respiration')
8. Therapeutische Maßnahmen
   a) Wechselbad
   b) Intubation
   c) O_2-Gabe
   d) Bicarbonat-Injektion
9. Apgar-Faktoren, Autor } nach 1 Min. und
10. Apgar-Faktoren, Geburtshelfer } 5 Min.
11. Barometerdruck, proz. CO_2-Gehalt der beiden Gasflaschen
12. pH_{NA}, pH_{NV}, pO_{2NV}, 4 pH-Werte nach Tonometrie
13. Kind-Schicksal in den ersten 10 Lebenstagen

Tabelle 3: Aufstellung der dokumentierten Daten

berechnet. Die statistische Prüfgröße t wurde nach der Formel $t = R_s \cdot ((N - 2)/(1 - R_s^2))^{1/2}$ berechnet und das Signifikanzniveau anhand der Student'schen Verteilung bei N-2 Freiheitsgraden bestimmt. Eine Korrektur für Bindungen wurde generell vorgenommen. Für diese Berechnungen standen Routinen aus dem Scientific Soubroutine Package (SSP) der IBM zur Verfügung. Die input-output statements wurden vom Autor programmiert.

Ergebnisse

I. Genauigkeit der Apgar-Zahl-Bestimmung

Da Untersuchungen über die Genauigkeit der Bestimmung von Apgar-Zahlen dem Autor nicht bekannt sind, schien es sinnvoll, diese Fragen an den Anfang der Studie zu stellen. APGAR selbst (8) hat auf die erheblichen prozentualen Differenzen hingewiesen, die in den Apgar-Zahl-Verteilungen zwischen großen klinischen Zentren bestehen. So schwankt z.B. der Prozentsatz an 'Apgar-10-Kindern' zwischen 0,6 und 31,1 % bei 13 Kliniken und insgesamt 27.176 Einlingsgeburten. Analoge Verhältnisse lassen sich auch für den score nach 5 Min. nachweisen.

APGAR selbst äußerte bereits die Vermutung, daß der entbindende Geburtshelfer das Produkt seiner Bemühungen zu gut beurteilt. Unbeteiligte, mit der Reanimation be- und vertraute Personen, wie Paediater, Anaesthesisten und Kinderschwestern, stufen den Zustand des Neugeborenen meist richtiger, d.h. niedriger ein.

Auf die zu gute Bewertung captatio benevolentiae causa sei ausdrücklich hingewiesen. Um all diese Fehlermöglichkeiten quantitativ zu erfassen, wurden - wie eingangs beschrieben - simultan von zwei unabhängigen Beobachtern die Apgar-Zahlen bestimmt. Dabei fanden sich (Tabelle 4) in 21,7 % der Fälle eine zu gute und nur in einem Fall

(~0,4 %) eine zu schlechte Bewertung* für den Apgar-Wert nach einer Minute. Bei dieser Rechnung wurde die Benotung des Autors als Punctum fixum gewählt; eine Plusabweichung bedeutet demnach eine numerisch höhere Bewertung durch den Geburtshelfer etc. Für die Apgar-Zahl nach 5 Minuten lag die Fehlerquote erheblich niedriger; auch hier dominierten die Plus- (7,7 %) über die Minusabweichungen (~0,4 %).

	Plus		Minus		Equal	
	N	%	N	%	N	%
Apgar 1	56	21,7	1	0,39	201	77,9
Apgar 5	20	7,7	1	0,39	237	91,9

Tabelle 4: Häufigkeit von fehlerhaften Apgar-Zahlen

Tabelle 5 zeigt die prozentuale Verteilung dieser 56 beobachteten Plusabweichungen (100 %) auf die einzelnen Apgar-Zahlen. Wenn man die unterschiedliche Fallzahl pro Apgar-Wert unberücksichtigt läßt, so darf man vermuten, daß die noch lebensfrischen bis leicht deprimierten Neugeborenen (Apgar 5, 6, 7, 8) am häufigsten fehlerhaft beurteilt werden (~77 %). Dies ist vermutlich nicht nur das Resultat einer weniger intensiven Zuwendung des Geburtshelfers zum Neugeborenen, sondern auch der theoretischen Fehlermöglichkeit. Diese Fehlermöglichkeit ist z.B. bei Apgar 5 wesentlich höher als bei Apgar 9 oder Apgar 1 (siehe Kapitel 2). Je ausgeprägter die klinische Depression

*) Im folgenden wurde nur geprüft, ob die Differenz der beiden simultan bestimmten Apgar-Zahlen gleich, größer oder kleiner als Null war. Es wurde also nur die Richtung und nicht das Ausmaß der Abweichung bestimmt.

des Neugeborenen, um so größer wird das Engagement des Geburtshelfers sein und um so genauere Apgar-Zahlen sind zu erwarten. Tabelle 6 zeigt eine analoge Aufstellung für die Apgar-Indices nach 5 Minuten.

	Plus		Minus		Equal		
Apgar 1	N	%	N	%	N	%	N_{tot}
1	0	0,0	0	0,0	3	1,49	3
2	0	0,0	0	0,0	3	1,49	3
3	2	3,57	0	0,0	3	1,49	5
4	3	5,36	0	0,0	6	2,98	9
5	11	19,64	0	0,0	8	3,98	19
6	7	12,50	0	0,0	10	4,97	17
7	13	23,21	0	0,0	17	8,46	30
8	13	23,21	0	0,0	22	10,94	35
9	7	12,50	0	0,0	23	11,44	30
10	0	0,0	1	100,0	106	53,74	107
$\sum$	56	100,0	1	100,0	201	100,00	258

Tabelle 5: Verteilung der Fehler auf einzelne Apgar-Zahlen
Apgar nach 1 Min. (N_{tot} = Anzahl aller Beobachtungen)

	Plus		Minus		Equal		
Apgar 5	N	%	N	%	N	%	N_{tot}
1	0	0,0	0	0,0	2	0,844	2
2	0	0,0	0	0,0	1	0,422	1
3	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
4	0	0,0	0	0,0	1	0,422	1
5	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0
6	1	5,0	0	0,0	2	0,844	3
7	3	15,0	1	100,0	3	1,266	7
8	7	35,0	0	0,0	6	2,532	13
9	9	45,0	0	0,0	9	3,792	18
10	0	0,0	0	0,0	213	89,873	213
$\sum$	20	100,0	1	100,0	237	100,0	258

Tabelle 6: Verteilung der Fehler auf einzelne Apgar-Zahlen Apgar nach 5 Min. (N_{tot} = Anzahl aller Beobachtungen)

Diese Fehlerrate von rund 22 % besagt aber lediglich, daß die Endsumme mit diesem Prozentsatz fehlerhaft bestimmt wurde. Da diese Summe jedoch aus 5 Summanden gebildet wird und jeder Summand den Wert 0, 1 oder 2 annehmen kann, besteht die Möglichkeit, daß eine numerisch zu gute Bewertung eines Zeichens durch eine numerisch zu schlechte Benotung eines anderen Lebenszeichens ausgeglichen wird. Dies bedeutet, daß der reale Fehler noch größer ist bzw. sein kann.

Die Frage war also, in wieviel Prozent der Fälle völlige Kongruenz zwischen den beiden simultan bestimmten Zahlenmustern bestand. Diese Quote betrug 75,3 %. Es war primär auch nicht wahrscheinlich, daß die Fehler gleichermaßen bei allen 5 Lebensfrischezeichen gemacht werden. Die Analyse zeigt, daß bei den Apgar-Zahlen nach 1 Min.

in 10 % eine zu gute Bewertung des Hautkolorits unterlief, während eine zu niedrige Bewertung nur in 1,94 % der Fälle (N = 258) vorkam (Tabelle 7). Die Beurteilung des Tonus fiel nur in 5 % zu hoch, in 1,5 % zu niedrig aus. Gesamthaft wurden in 24,7 % der Fälle fehlerhafte Bewertungen der Einzelfaktoren vorgenommen. Diese Zahl erscheint erschreckend hoch. Bedenkt man jedoch die hohe theoretische Fehlermöglichkeit, so erscheinen die Resultate in einem besseren Licht.

Diese theoretische Fehlermöglichkeit läßt sich nur sehr schwer berechnen, da sie einerseits von der Zusammensetzung des Kollektivs an Apgar-Zahlen und andererseits von dem Kombinationstyp der betreffenden Zahl abhängt: Überläßt man dem Zufall die Bestimmung des scores, so sind pro Faktor theoretisch 3 Abweichungsmuster denkbar: 1.) minus, gleich, 2.) plus, minus, gleich und 3.) plus, minus, je nachdem, ob die primäre Note 2, 1 oder 0 lautete. Die Summe an potentiellen Abweichungen hängt also von der Höhe der Apgar-Zahl selbst (bei Apgar 10 sind z.B. keine Plusabweichungen möglich) ab. Sie ist bei Apgar 5 am größten. Da aber auch Apgar 5 qualitativ nicht gleich Apgar 5 ist, muß ein theoretisches Maximum dieser Abweichungssumme bei dem Kombinationstyp 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5 gefordert werden, nämlich gleiche Wahrscheinlichkeit an Plus-Minus-Abweichungen und an numerischer Kongruenz mit einer relativen Häufigkeit von je 33 %. Bei dem Kombinationstyp 2, 2, 1, 0, 0 = 5 ist der Prozentsatz an Plus- und Minus-Abweichungen bereits reduziert.

Aus Tabelle 7 geht ferner hervor, daß die Neigung des Geburtshelfers, eine zu hohe Benotung vorzunehmen, insgesamt rd. 6mal größer ist als man erwarten dürfte. Es handelt sich also um eine systematische Abweichung, d.h. die Annahme, daß sich die Plus- und Minus-Abweichungen bei einer ausreichend großen Fallzahl für die einzelnen Faktoren ausgleiche, trifft nicht zu. Am höchsten ist dieser Faktor bei der Atmung ($\sim$ 9), am niedrigsten bei der Beurteilung des Tonus ($\sim$ 3).

Abweichungen Apgar-Zahl nach 1 Min.

Faktor	Plus		Minus		Equal	
	N	%	N	%	N	%
Haut	27	10,47	5	1,94	226	87,60
Atmung	23	8,91	0	0,0	235	91,09
Herzfrequenz	21	8,14	1	0,39	236	91,48
Reflexe	16	6,20	6	2,33	236	91,47
Tonus	13	5,04	4	1,55	241	93,41

(N = 258)

Abweichungen Apgar-Zahl nach 5 Min.

Faktor	Plus		Minus		Equal	
	N	%	N	%	N	%
Haut	10	3,88	2	0,78	246	95,35
Atmung	8	3,10	0	0,0	250	96,90
Tonus	8	3,10	0	0,0	250	96,90
Herzfrequenz	3	1,16	1	0,39	254	98,45
Reflexe	3	1,16	0	0,0	255	98,84

(N = 258)

Tabelle 7: Verteilung der Bewertungsfehler auf die 5 Einzelfaktoren

Für die Apgar-Zahl nach 5 Min. finden sich analoge Verhältnisse: Gesamthaft ist die Tendenz zu Plus-Abweichungen um einen Faktor 10.6 größer als man erwarten könnte. Völlige Kongruenz der Zahlen-Muster fand sich bei Apgar 5 in 8 %. Im folgenden werden nur die vom Autor sorgfältig bestimmten Apgar-Zahlen verwendet.

Vergleicht man anhand dieser Apgar-Zahlen die geburtshilfliche Leistung der Universitäts-Frauenklinik Tübingen mit jenen Zahlen, die APGAR selbst (11) angegeben hat, so kommt man zu einem günstigen Resultat: 4,3 % aller Neugeborenen waren schwer, 17,5 % waren leicht deprimiert und 78,2 % der Kinder waren lebensfrisch. Diese Zahlen sind insgesamt

APGAR 1 Min.	0 - 3	4 - 6	7 - 10
Autor	4,3 %	17,5 %	78,2 %
APGAR (11)	6,0 %	24,0 %	70,0 %
Geburtshelfer	3,5 %	14,1 %	82,4 %

besser als jene, die APGAR bei 15.348 Geburten ermittelt hat.

Die Besetzung jeder einzelnen Zahl war in diesem Kollektiv wie folgt:

APGAR 1 Min.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
N	0	3	3	5	9	19	17	30	35	30	107
%	0,0	1,16	1,16	1,94	3,49	7,36	6,59	11,63	13,56	11,63	41,47

Die Struktur dieser Verteilung stimmt mit der Mehrzahl der von APGAR publizierten Verteilungsstrukturen (8), die bei insgesamt 27.176 Einzelgeburten beobachtet wurden, gut überein.

II. Variabilität der Apgar-Zahl

Wie eingangs erwähnt, bestehen qualitative Unterschiede zwischen ein und derselben Apgar-Zahl - ein Problem, das bisher noch von keinem Autor konsequent analysiert wurde. Diese zunächst schwer verständliche Tatsache ist darauf zurückzuführen, daß in der Apgar-Zahl fünf heterogene Lebensfunktionen des Neugeborenen durch den einfachen Additionsvorgang uniform behandelt werden. Es ist jedoch evident, daß eine Bewertung '0' für die Herzschlagfrequenz qualitativ etwas anderes ist als ein völliger Tonusverlust, der ebenfalls mit '0' eingestuft wird. Über die quantitativen, prognostischen Differenzen gleicher Indices für verschiedene Lebenszeichen quoad vitam des Neugeborenen wissen wir praktisch noch nichts.

Die Anzahl der möglichen Kombinationstypen für die einzelnen Apgar-Noten lassen sich berechnen:

$$N = \sum_{i=a}^{a} \binom{a}{i}\binom{a-i}{b-2i}$$

wobei a = Anzahl der Variablen (bei der Apgar-Zahl 5)
b = Apgar-Zahl (0 - 10)
i = Laufindex (0 bis a)
N = Anzahl der Kombinationen

Für Apgar 10 beträgt diese Zahl N = 1. Bei Apgar 9 sind es bereits fünf Möglichkeiten, je nachdem bei welchem der fünf Lebenszeichen ein Punktverlust festgestellt wurde. Berechnet man mit Hilfe des Computers alle 243 Möglichkeiten und trägt die Zahl N für jede Apgar-Zahl auf, so kommt man zu Abb. 1. Man erkennt, daß die Kurve symmetrisch ist und daß ein Maximum an Variabilität für Apgar 5 gegeben ist. Diese in Abb. 1 aufgeführte Anzahl an Kombinationsmöglichkeiten ist t h e o r e t i s c h denkbar; die Frage war nun, wieviele dieser Typen von der Natur tatsächlich realisiert werden und welche Typen es sind.

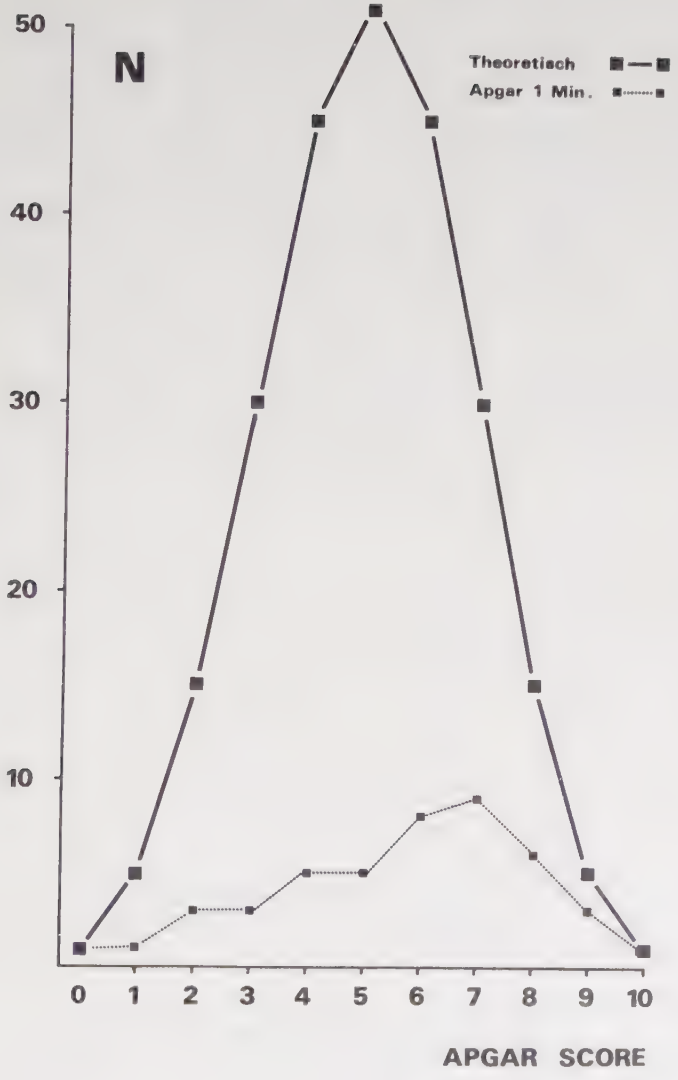

Abb. 1: Anzahl der theoretisch möglichen und der von der Natur realisierten Kombinationstypen bei den verschiedenen Apgar-Zahlen nach 1 Min.

Die gepunktete Kurve in Abb. 1 gibt diese im vorliegenden Kollektiv tatsächlich verwirklichte Anzahl an Variationen für die einzelnen Apgar-Noten wieder. Es fällt auf, daß theoretisches und reales Maximum nicht zusammenfallen: Die Variationsbreite engt sich mit sinkender Gesamtnote deutlich ein. Offenbar gerät der Fetus mit zunehmendem Asphyxiegrad immer mehr in phylogenetisch determinierte, pathophysiologische Reaktionsnormen hinein, die keine Variabilität mehr zulassen.

Tabelle 8 gibt die numerischen Werte der beiden Verteilungsfunktionen wieder.

Apgar 1 Min.	$N_{theor.}$	$N_{real.}$
0	1	1
1	5	1
2	15	3
3	30	3
4	45	5
5	51	5
6	45	8
7	30	9
8	15	6
9	5	3
10	1	1
$\sum$	243	45 $\hat{=}$ 18,5 %

Tabelle 8: Theoretische ($N_{theor.}$) und tatsächliche ($N_{real.}$) Anzahl an verschiedenen Kombinationstypen für einzelne Apgar-Zahlen

HFQ	TON	RFX	ATM	HAT	Apgar	N	Rel. %	Abs. %
1	0	0	0	0	1	3	100.0	1.163
1	0	1	0	0	2	1	33.3	0.387
1	1	0	0	0		1	33.3	0.387
2	0	0	0	0		1	33.3	0.387
1	0	1	0	1	3	1	20.0	0.387
1	0	1	1	0		1	20.0	0.387
1	1	1	0	0		3	60.0	1.163
1	1	1	1	0	4	5	55.5	1.938
1	1	2	0	0		1	11.11	0.387
2	0	1	1	0		1	11.1	0.387
2	1	0	1	0		1	11.1	0.387
2	1	1	0	0		1	11.1	0.387
1	1	1	1	1	5	6	31.6	2.325
1	1	2	0	1		1	5.26	0.387
1	1	2	1	0		3	15.8	1.163
2	1	1	1	0		6	31.6	2.325
1	2	1	1	0		3	15.8	1.163
0	2	2	1	1	6	1	5.9	0.387
1	1	2	1	1		5	29.4	1.938
1	2	1	1	1		1	5.9	0.387
1	2	2	1	0		1	5.9	0.387
2	1	1	1	1		4	23.5	1.550
2	1	1	2	0		1	5.9	0.387
2	1	2	1	0		1	5.9	0.387
2	2	1	1	0		3	17.6	1.163
1	1	2	2	1	7	3	10.0	1.163
1	2	2	1	1		12	40.0	4.651
1	2	2	2	0		1	3.3	0.387
2	1	1	1	2		1	3.3	0.387
2	1	1	2	1		1	3.3	0.387
2	1	2	1	1		3	10.0	1.163
2	1	2	2	0		1	3.3	0.387
2	2	1	1	1		3	10.0	1.163
2	2	2	1	0		5	16.6	1.938
1	2	2	1	2	8	2	5.7	0.775
1	2	2	2	1		11	31.4	4.263
2	1	2	2	1		3	8.6	1.163
2	2	1	2	1		4	11.4	1.550
2	2	2	1	1		7	20.0	2.713
2	2	2	2	0		8	22.9	3.100
1	2	2	2	2	9	3	10.0	1.163
2	2	2	1	2		2	6.67	0.775
2	2	2	2	1		25	83.33	9.690
2	2	2	2	2	10	107	100.0	41.470
						258		100.000

Tabelle 9: Tabelle der beobachteten Kombinations-Typen

HFQ = Herzfrequenz, TON = Tonus, RFX = Reflexe,
ATM = Atmung, HAT = Hautkolorit

Die perinatologisch weit interessantere Frage war nun, w e l c h e Kombinationstypen von der Natur mit welchem Prozentsatz realisiert werden. Es erschien primär keineswegs ausgeschlossen, daß es nur einen (Tabelle 10) 'klassischen' Kombinationstyp für jeden score gibt und daß die Variabilität partiell Ausdruck noch fehlerhafter Bestimmungen ist. Tabelle 9 gibt alle beobachteten Variationen und ihr relatives und absolutes prozentuales Vorkommen wieder. Man erkennt, daß eine Reihe von Kombinationstypen tatsächlich nur jeweils einmal beobachtet wurde.

Wenn man aus Gründen der Übersicht nur diejenigen Kombinationstypen berücksichtigt, die relativ am häufigsten vorgekommen sind, d.h. bei denen die Wahrscheinlichkeit der fehlerhaften Bestimmung ein Minimum war, so ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 10).

Kombinations-Typ					Apgar	N	Rel. %
HFQ	TON	RFX	ATM	HAT			
2	2	2	2	2	10	107	100,0
2	2	2	2	1	9	25	83,3
1	2	2	2	1	8	11	31,4
1	2	2	1	1	7	12	40,0
1	1	2	1	1	6	5	29,4
1	1	1	1	1	5	6	31,6
1	1	1	1	0	4	5	55,6
1	1	1	0	0	3	3	60,0
1	0	1	0	0	2	1	33,3
1	0	0	0	0	1	3	100,0

Tabelle 10: Haupt-Typen für Apgar 1 Min.

Obwohl bei dieser Art der Darstellung viel Information unberücksichtigt bleibt, erkennt man bereits ein klares Profil des Punktverlustes bei den einzelnen Lebensäußerungen des Neugeborenen. Ein Verlust von einem Punkt tritt in folgender Reihenfolge auf:
Zuerst bei der Hautfarbe, dann bei der Herzfrequenz, bei Atmung, Tonus und Reflexen; ein Verlust von 2 Punkten zuerst wieder beim Hautkolorit; die Herzfrequenz wird übersprungen, die restlichen Faktoren folgen in der angegebenen Reihenfolge.

Aus Tabelle 10 geht bereits hervor, daß der von APGAR angegebene Bewertungsschlüssel für die Herzfrequenz des Neugeborenen offenbar ungünstig ausgewählt wurde. Tatsächlich darf nach der ursprünglichen Definition nur dann für die kindliche Herztätigkeit eine 0-Bewertung gegeben werden,wenn keine Herzfrequenz mehr 'hörbar, fühlbar oder sichtbar' ist, was praktisch einem Herzstillstand gleichkommt; wenn der Bewerter auch nur drei Herzaktionen in 15 Sek. wahrnimmt, was einer Frequenz von 12 Schlägen/Min. entspricht, so muß er eine '1' angeben.

Geht man aber davon aus, daß auch bei der Herzfrequenz eine Parallelität zwischen dem Verlust von einem Punkt und zwei Punkten pro Faktor besteht, so müßte man bei Apgar 4 (Tabelle 10) bereits für den Pulsschlag die Note '0' fordern. Dies hätte zur Folge, daß eine neue, andere Grenze, z.B. bei 50 Schlägen/Min., eingeführt werden müßte. Konkret würde dies bedeuten, daß beim Unterschreiten dieser Grenze von $\sim$ 50 Schlägen/Min. bereits eine Null-Wertung vorgenommen wird. Im derzeitigen Apgar-Schema besteht die Schwäche der Benotung realiter in der 2-Stufigkeit (2 u. 1) bei drei vorgesehenen Rängen für die Herzfrequenz. Wir werden im folgenden Abschnitt von einer anderen Seite erneut auf diesen Mangel in der Schrankendefinition stoßen.

In Tabelle 10 wurde bewußt auf eine größere Menge an tatsächlich vorhandener Information verzichtet. Es stellt sich nun die Frage, ob der in den Haupttypen beobachtete Punktverlust tatsächlich in dieser

Reihenfolge eintritt, wenn man alle Kombinationstypen berücksichtigt. Um dies zu klären, wurde ein neuer Parameter - der prozentuale Punktverlust - geschaffen. Diese Größe wird für jede der 5 Lebensfunktionen gesondert errechnet. Betrachtet man z.B. in Tabelle 9 die 6 Variationstypen für Apgar 8 und ihre Besetzungen, so erkennt man, daß für den Faktor Herzfrequenz nur bei den beiden ersten Kombinationstypen je ein Punktverlust aufgetreten ist. Insgesamt wurden 35 Apgar-8-Fälle beobachtet. In 13 Fällen (2 + 11) dieser Apgar-8-Kinder war der Verlust eines Bewertungspunktes bei der Herzfrequenz zu verzeichnen. Bezogen auf 100 Fälle sind dies 13 : 35 x 100 $\approx$ 37 %.
Generell gilt daher

$$\text{Punktverlust (\%)} = \frac{\text{Punktverlust P} \cdot \text{Np} \cdot 100}{N_{total} \cdot 2}$$

P kann die Werte 0, 1 oder 2 je nach Höhe des Punktverlustes annehmen.
N_{total} ist die Anzahl aller Beobachtungen pro Apgar-Zahl
(im vorangehenden Beispiel: $N_{total} = 35$).
Np ist die Anzahl der Fälle mit gleichen Punktverlusten
(im obigen Beispiel: Np = 13).

Da P den Wert 2 annehmen kann, ist es sinnvoll, nochmals durch 2 zu teilen, um den Wert 200 % zu vermeiden; dieser Wert würde sich ergeben, wenn für einen Faktor in allen beobachteten Fällen zwei Punkte fehlen würden, z.B. bei Apgar 1: Wenn bei 98 Neugeborenen mit der Apgar-Note 1 in allen Fällen für die Hautfarbe zwei Punkte abgezogen worden wären, würde der prozentuale Faktorenverlust für das Hautkolorit sich errechnen zu

$$\text{proz. Punktverlust} = \frac{2 \cdot 98 \cdot 100}{98} = 200 : 2 = 100\ \%$$

Da der Ausdruck Np . 100 / N_{total} nichts anderes ist als der relative Prozentsatz der Beobachtungen für einen Kombinationstyp, kann man übersichtlicher schreiben

$$\text{proz. Punktverlust} = P \cdot \text{Rel.Proz./2.}$$

Würde schließlich in dem oberen Beispiel in 10 Fällen der 98 Apgar-1-Kinder (Rel.Proz. = 10/98 . 100 = 10,2 %) für die Hautfarbe die Bewertung 1 gegeben worden sein, so würde der prozentuale Punktverlust geringer sein, nämlich

$$\frac{2 \cdot 88 \cdot 100}{98 \cdot 2} + \frac{1 \cdot 10 \cdot 100}{98 \cdot 2} = 89{,}8 + 5{,}1 = \underline{\underline{94{,}9\ \%}}$$

Diese Rechenvorgänge wurden programmiert und die Zahlen für alle fünf Lebenszeichen vom Computer errechnet. Man gelangt so zu Abb. 2, die einen Eindruck des dynamischen Verhaltens der einzelnen Lebensfunktionen bei den 11 Apgar-Zahlen vermittelt und graphisch mit Tabelle 10 direkt vergleichbar ist. Daraus geht hervor, daß mit fallender Apgar-Zahl die Hautdurchblutung am frühesten und stärksten beeinträchtigt wird, dann die Atmung, gefolgt von Tonus und Reflexirritabilität, die beide fast parallel verlaufen. Die Kurve für die Herzfrequenz verläuft deutlich flacher und erreicht erst bei Apgar 0 hundert Prozent. Die Streuungen bei niedrigeren Apgar-Zahlen sind vermutlich auf die geringen Fallzahlen zurückzuführen.

Tabelle 11 gibt einen Überblick über die rechnerische Interkorrelationen der 5 Apgar-Faktoren. Im unteren Dreieck sind auch die Koeffizienten (R_s) der vom Geburtshelfer bestimmten Apgar-Faktoren angegeben. Aus dieser Tabelle geht nochmals hervor, daß Hautdurchblutung und Atmung sowie Tonus und Reflexe sehr gut miteinander korrelieren, was auch graphisch in Abb. 2 zum Ausdruck kommt.

	HFQ	TON	ATM	RFX	HAT	
HFQ	-	0.381	0.512	0.244	0.418	A
TON	0.323	-	0.610	0.622	0.535	u
ATM	0.558	0.615	-	0.595	0.629	t
RFX	0.326	0.608	0.555	-	0.528	o
HAT	0.404	0.523	0.027	0.444	-	r
	G e b u r t s h e l f e r					

Tabelle 11: Interkorrelationen zwischen den 5 Apgar-Faktoren (R_s)

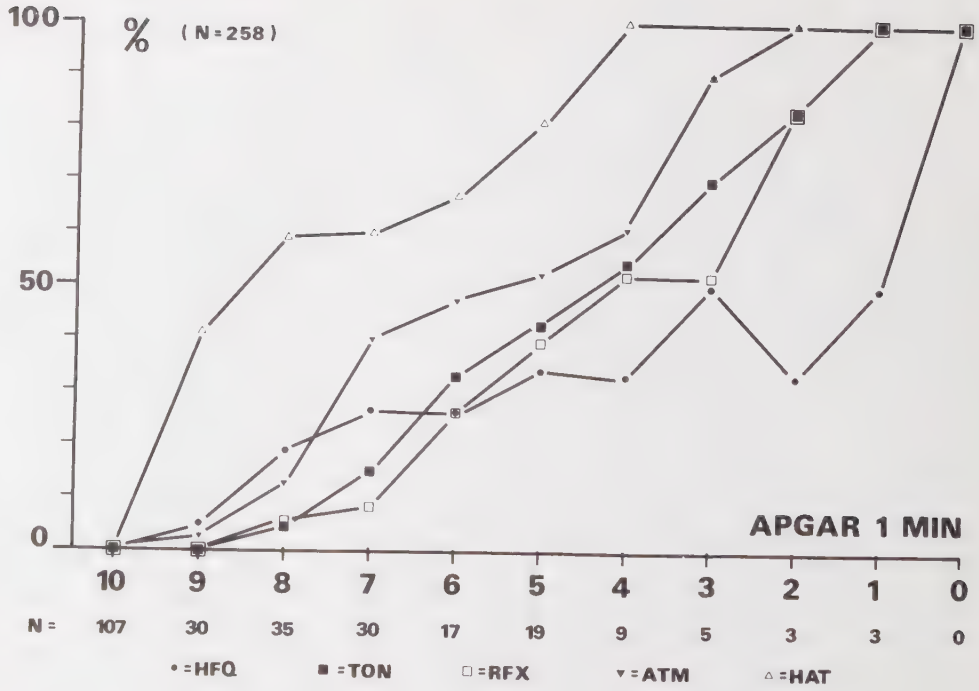

Abb. 2: Prozentualer Punktverlust der Einzelfaktoren mit dem Absinken der Apgar-Zahl

Wie soeben erwähnt, muß in Erwägung gezogen werden, daß die Variabilität innerhalb eines scores auch Ausdruck von immer noch fehlerhaften Bestimmungen ist. Um einen Eindruck von den dynamischen Profilen der einzelnen Lebensfunktionen zu erhalten, wurden nur jene Kombinationstypen berücksichtigt, die häufiger als einmal auftraten. Dies führt jedoch zu unbefriedigenden Resultaten, da bei den niedrigen Apgar-Zahlen pro Kombinationstyp häufig nur eine Beobachtung vorliegt, was zur Folge hat, daß einzelne Apgar-Zahlen (z.B. Apgar 2) völlig herausfallen. Deshalb wurde auf eine weitere Analyse bei diesem Kollektiv verzichtet.

Aus diesen Untersuchungen läßt sich gesamthaft eine Rangordnung der fünf beurteilten Lebensfunktionen hinsichtlich ihrer Sensibilität aufstellen. Teilt man jenem Faktor, der am frühesten bei einer intrauterinen Asphyxie zu reagieren beginnt, den niedrigsten Rang (also 1) zu und addiert man diese Ränge über alle Apgar-Zahlen (Tabelle 12), so erhält man folgende mittlere Rangstufen:

Haut	=	1,3
Atmung	=	2,1
Tonus	=	3,5
Reflexe	=	4,0
Herzfrequenz	=	4,06

Faktor	Apgar-Zahl nach 1 Min.									$\bar{R}$
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
HFQ	2	2	3	4,5	5	5	5	5	5	4,06
TON	4,5	5	4	3	3	3	3	3,5	2,5	3,5
RFX	4,5	4	5	4,5	4	4	4	3,5	2,5	4,0
ATM	3	3	2	2	2	2	1,5	1,5	2,5	2,1
HAT	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	2,5	1,3

Tabelle 12: Aus Abb. 2 berechnete Rangordnungen der 5 Apgar-Faktoren rangiert nach ihrer Empfindlichkeit

Aus Abb. 2 geht hervor, daß der Pulsschlag des Neugeborenen auch bei dieser Betrachtung herausfällt, da keine Parallelität mit den 4 anderen Faktoren gegeben ist: Die Kurve für den prozentualen Punktverlust verläuft flacher und kreuzt 3 andere Kurven; erst bei Apgar 0 werden theoretisch 100 % erreicht.

III. Korrelation mit dem Säure-Basen-Haushalt

APGAR hat zusammen mit JAMES (11, 44) schon sehr früh Daten veröffentlicht, die die gute Abhängigkeit der Parameter des Säure-Basen-Haushaltes (SBH) vom klinischen Zustand des Neugeborenen demonstrieren. In der vorliegenden Arbeit sollte das Ausmaß dieser Übereinstimmung überprüft werden. Zu diesem Zweck wurden die Rang-Korrelations-Koeffizienten nach SPEARMAN (51) und KENDALL (52) für die Parameter pH, pCO_2, BE und HbO_2 in der Nabelarterie und alle denkbaren Kombinationen aus den 5 Apgar-Faktoren einschließlich der herkömmlichen Apgar-Zahlen nach 1 und 5 Minuten bestimmt.

Die Verwendung eines verteilungsunabhängigen Korrelations-Koeffizienten war notwendig, da weder die Variablen des fetalen SBH noch die Apgar-Zahlen - was die Verteilung anbelangt - den Gesetzen des Zufalls gehorchen, d.h. sie sind nicht normal verteilt. Der teilweise hohe Prozentsatz an Bindungen, vor allem bei den Apgar-Zahlen, wurde rechnerisch berücksichtigt und ausgeglichen. Alle Berechnungen wurden vom Computer durchgeführt. Im folgenden werden aus Gründen der Übersicht nur die Korrelationen nach SPEARMAN wiedergegeben. Der weniger bekannte Rang-Korrelations-Koeffizient nach KENDALL konnte ohne nennenswerten Mehraufwand simultan mitbestimmt werden und hat gewisse statistische Vorteile, die jedoch in der vorliegenden Studie nicht von Bedeutung wurden. Aus diesen Gründen und aus Gründen der Übersicht wird im

folgenden nur der Rang-Korrelations-Koeffizient nach SPEARMAN, der t-Wert, der Freiheitsgrad und die Irrtumswahrscheinlichkeit 2α angegeben.

Für die herkömmliche Apgar-Zahl nach 1 Min. und nach 5 Min. und das aktuelle pH in der NA ergaben sich folgende Werte:

Parameter	R_s	t	ν	2α
Apgar 1 Min. - pH, NA	0.3085	5.169	254	< 0.001
Apgar 5 Min. - pH, NA	0.2058	3.353	254	< 0.001

Rechnet man mit dem fehlerhaften, routinemäßig bestimmten Apgar-Wert, so liegen die Koeffizienten deutlich tiefer; aber auch diese Werte sind noch hochsignifikant:

Parameter	R_s	t	ν	2α
Apgar 1 Min. - pH, NA	0.2672	4.419	254	< 0.001
Apgar 5 Min. - pH, NA	0.1903	3.090	254	< 0.005

Abb. 3 gibt das Verhalten der aktuellen pH-Werte graphisch wieder. Gleichzeitig ist das prozentuale Azidose-Risiko ($pH < 7.200$) für jede Apgar-Zahl angegeben.

Diese Wahrscheinlichkeitsberechnungen wurden über die standardisierte Normalverteilung vom Computer berechnet. Tatsächlich dürfte das Azidose-Risiko insgesamt geringfügig höher liegen, da die pH-Verteilungen nicht symmetrisch sind (38).

Von besonderem Interesse schien die Korrelation einzelner Apgar-Faktoren und ihrer möglichen Kombinationen mit dem aktuellen pH im Nabel-Arterien-Blut (pH, NA) des Neugeborenen zu sein.

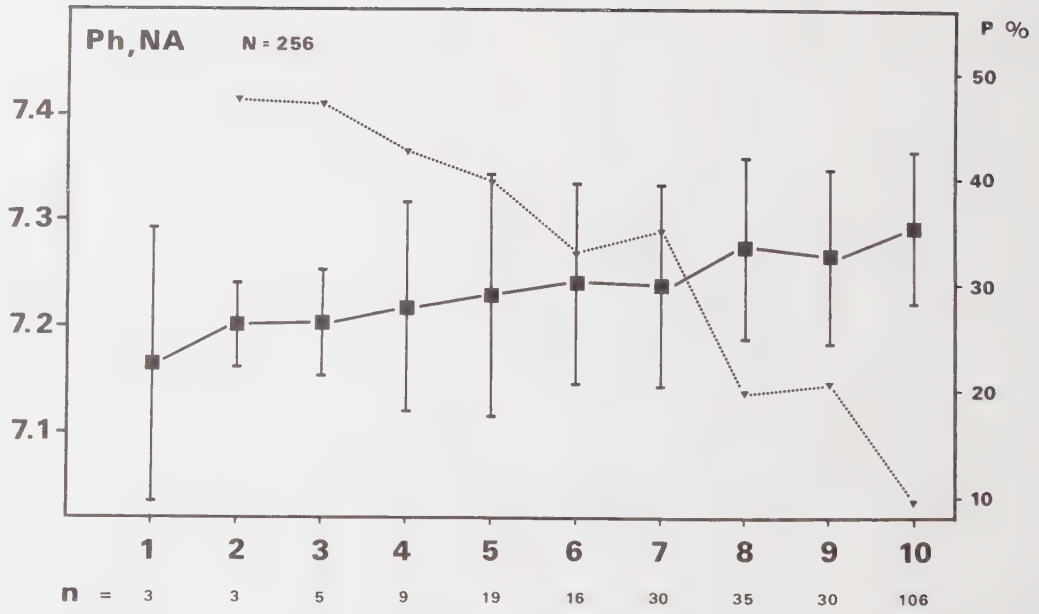

Abb. 3: Mittelwerte und Standardabweichungen der pH-Werte in der NA bei den verschiedenen Apgar-Zahlen nach 1 Min. (■—■). Prozentuales Azidose-Risiko (pH < 7.200) für jede Apgar-Zahl (▼·····▼).

Die Abb. 4 und 5 vermitteln einen graphischen Eindruck einer solchen Korrelation für den Gesamt-Apgar und den Parameter Hautkolorit nach 1 Min. Das Computerprogramm wurde so formuliert, daß die Bewertung '0' als echte Zahl fungiert.

Tabelle 13 gibt die SPEARMAN'schen Rang-Korrelations-Koeffizienten für alle denkbaren Kombinationen an. Tabelle 14 gibt die besten Einzel-Kombinationen wieder hinsichtlich ihrer Korrelation mit dem aktuellen pH, gemessen in der Nabel-Arterie.

Aus dieser Tabelle wird deutlich, daß der Parameter Hautdurchblutung nach 1 Min. am besten mit dem Aziditätsgrad des Nabelschnurblutes korreliert und daß das Hinzufügen des Faktors Atmung eine deutliche, jene von Tonus und Reflexen eine vergleichsweise geringere Steigerung des Koeffizienten bewirkt. Das Addieren des scores für die Herzfrequenz senkt diesen Korrelations-Koeffizienten unter das Ausgangsniveau. Dies läßt sich auch für alle Einzel-Kombinationen in Tabelle 13 zeigen: Die Neugeborenen-Herzfrequenz wirkt in der APGAR'schen Quantifizierung als Störfaktor, denn sie verschlechtert die Assoziation der beiden Bewertungssysteme pH-Metrie und Apgar-Zahl.

Wie steht es mit den anderen Parametern des Säure-Basen-Haushaltes? Die Tabellen 15 und 19 geben die Mittelwerte, Standardabweichungen und die 99 %igen Vertrauens-Grenzen der Mittelwerte, isoliert für jede Apgar- Zahl an.

Es ist auffallend, daß die pCO_2-Werte in Tabelle 16 auch bei deutlicher und schwerer Depression des Neugeborenen nicht wesentlich ansteigen. Dies ist vermutlich auf den Einfluß der psychologischen Geburtsleitung und der damit verbundenen Atemtechnik zurückzuführen: Die Erfahrung hat gezeigt, daß in der Austreibungsperiode die bewußte Hechelatmung der Kreissenden den Durchtrittsschmerz subjektiv lindert. Diese Hyperventilation führt zu einer maternen Hypokapnie und zu einem erhöhten CO_2-Gradienten. Die Folge ist ein erniedrigter CO_2-Partialdruck im fetalen Blut (55).

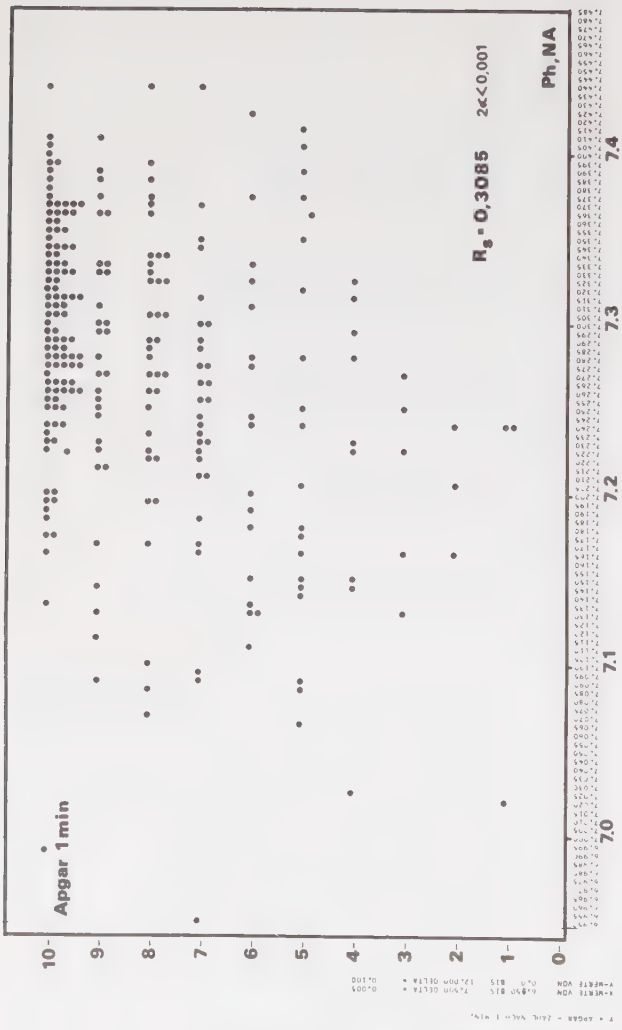

Abb. 4: Korrelationsdiagramm zwischen den Apgar-Werten nach 1 Min. und dem aktuellen pH in der NA

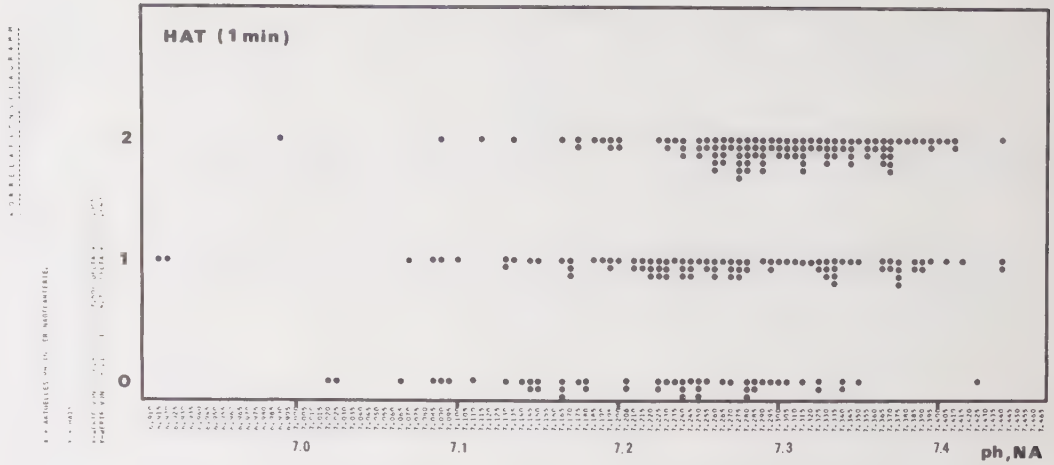

Abb. 5: Korrelationsdiagramm zwischen dem Hautkolorit nach 1 Min. und dem aktuellen pH in der NA

N	Faktoren	R_s	t-Wert	ν	2α
1	HAT	0.3186	5.357	254	<0.001
	ATM	0.3010	5.031	254	<0.001
	RFX	0.2887	4.805	254	<0.001
	TON	0.2764	4.584	254	<0.001
	HFQ	0.0738	3.333	254	<0.005
2	HAT + ATM	0.3399	5.761	254	<0.001
	HAT + TON	0.3367	5.700	254	<0.001
	HAT + RFX	0.3327	5.623	254	<0.001
	ATM + TON	0.3296	5.565	254	<0.001
	ATM + RFX	0.3250	5.478	254	<0.001
	RFX + TON	0.3098	5.192	254	<0.001
	HAT + HFQ	0.2700	4.469	254	<0.001
	ATM + HFQ	0.2489	4.097	254	<0.001
	RFX + HFQ	0.2486	4.090	254	<0.001
	TON + HFQ	0.2303	3.772	254	<0.001
3	HAT + ATM + RFX	0.3447	5.853	254	<0.001
	HAT + ATM + TON	0.3255	5.486	254	<0.001
	HAT + ATM + HFQ	0.3191	5.370	254	<0.001
	HAT + RFX + TON	0.3185	5.356	254	<0.001
	ATM + RFX + TON	0.3118	5.231	254	<0.001
	HAT + RFX + HFQ	0.2842	4.724	254	<0.001
	HAT + TON + HFQ	0.2800	4.649	254	<0.001
	RFX + TON + HFQ	0.2547	4.198	254	<0.001
4	HAT + ATM + RFX + TON	0.3499	5.954	254	<0.001
	HAT + ATM + RFX + HFQ	0.3206	5.394	254	<0.001
	HAT + ATM + HFQ + TON	0.3191	5.367	254	<0.001
	HAT + HFQ + TON + RFX	0.3178	5.342	254	<0.001
	HFQ + TON + RFX + ATM	0.3058	5.119	254	<0.001
5	HAT + ATM + RFX + TON + HFQ	0.3085	5.169	254	<0.001

Tabelle 13: Korrelations-Koeffizienten R_s, t-Werte, Anzahl der Freiheitsgrade und Signifikanzniveau 2α der Einzelfaktoren und ihrer möglichen 2er-, 3er- und 4er-Kombinationen sowie der Gesamt-Apgar-Zahl mit dem aktuellen pH in der NA

Beste Einzelkombinationen

$Variable_1$	$Variable_2$	R_s	2α
HAT	pH, NA	0.3186	< 0.001
HAT + ATM	pH, NA	0.3399	< 0.001
HAT + ATM + RFX	pH, NA	0.3447	< 0.001
HAT + ATM + RFX + TON	pH, NA	0.3499	< 0.001
HAT + ATM + RFX + TON + HFQ	pH, NA	0.3085	< 0.001

Tabelle 14: Korrelations-Koeffizienten R_s des besten Einzelfaktors, der besten 2er-, 3er- und 4er-Kombinationen sowie der Apgar-Zahl mit dem aktuellen pH in der NA

Aktuelles pH, NA

Apgar 1 Min.	$\bar{X}$	SD	N	99 % Vertr.-Grenzen ($\bar{X}$)
10	7.294	0.073	106	7.276 - 7.312
9	7.267	0.083	30	7.228 - 7.306
8	7.274	0.086	35	7.237 - 7.312
7	7.238	0.095	30	7.193 - 7.283
6	7.241	0.094	16	7.181 - 7.301
5	7.229	0.115	19	7.161 - 7.298
4	7.218	0.099	9	7.133 - 7.303
3	7.203	0.059	5	7.135 - 7.271
2	7.201	0.040	3	7.142 - 7.260
1	7.164	0.129	3	6.972 - 7.357
			256	

	Apgar 7 - 10	Apgar 4 - 6	Apgar 1 - 3
$\bar{X}$	7.278 ± 0.023	7.231 ± 0.044	7.191 ± 0.017
	$2\alpha < 0.001$	2α = n.s.	

Tabelle 15: Mittelwerte, Standardabweichungen und 99 %ige Vertrauensgrenzen der Mittelwerte für das aktuelle pH, isoliert für jede Apgar-Zahl; Differenz der 3 Untergruppen nach APGAR und Prüfung auf ihre Signifikanz

pCO_2, NA, nicht korrigiert

Apgar 1 Min.	$\bar{X}$	SD	N	99 % Vertr.-Grenzen ($\bar{X}$)
10	39.9	7.1	104	38.1 - 41.7
9	41.6	8.6	30	37.5 - 45.7
8	39.5	7.4	34	36.3 - 42.8
7	41.4	9.0	30	37.2 - 45.7
6	42.1	10.3	15	35.2 - 49.0
5	38.0	11.1	19	31.4 - 44.6
4	40.4	10.6	9	31.3 - 49.6
3	42.8	6.6	5	35.2 - 50.5
2	42.5	4.5	3	35.7 - 49.3
1	40.2	1.7	3	37.6 - 42.9
			252	

	Apgar 7 - 10	Apgar 4 - 6	Apgar 1 - 3
$\bar{X}$	40.316 ± 0.797	39.932 ± 1.847	42.099 ± 1.169
		$2\alpha < 0.05$	$2\alpha < 0.001$

Tabelle 16: Mittelwerte, Standardabweichungen und 99 %ige Vertrauensgrenzen der Mittelwerte für den CO_2-Partialdruck, isoliert für jede Apgar-Zahl; Differenz der 3 Untergruppen nach APGAR und Prüfung auf ihre Signifikanz

Basen-Defizit, nicht korrigiert, NA

Apgar 1 Min.	$\bar{X}$	SD	N	99 % Vertr.-Grenzen ($\bar{X}$)
10	- 6.37	2.77	104	- 7.07 bis - 5.67
9	- 8.17	3.49	30	- 9.81 bis - 6.52
8	- 7.52	3.28	34	- 8.97 bis - 6.07
7	- 8.79	3.85	30	- 10.60 bis - 6.98
6	- 8.20	3.95	15	- 10.80 bis - 5.60
5	- 9.80	4.86	19	- 12.67 bis - 6.93
4	- 10.05	3.04	9	- 12.67 bis - 7.44
3	- 10.74	2.09	5	- 13.15 bis - 8.33
2	- 10.19	3.41	3	- 15.26 bis - 5.12
1	- 11.70	4.27	3	- 18.0 bis - 5.34
			252	

Apgar 7 - 10	Apgar 4 - 6	Apgar 1 - 3
$\bar{X}$ - 7.206 ± 0.953	- 9.294 ± 0.815	- 10.851 ± 0.594
	$2\alpha < 0.001$	$2\alpha < 0.001$

Tabelle 17: Mittelwerte, Standardabweichungen und 99 %ige Vertrauensgrenzen der Mittelwerte für das Basen-Defizit, isoliert für jede Apgar-Zahl; Differenz der 3 Untergruppen nach APGAR und Prüfung auf ihre Signifikanz

Sauerstoffpartialdruck, NA

Apgar 1 Min.	$\bar{X}$	SD	N	99 % Vertr.-Grenzen ($\bar{X}$)
10	23.4	5.0	113	22.2 - 24.6
9	23.9	7.5	35	20.6 - 27.2
8	22.8	3.6	33	21.1 - 24.4
7	24.2	5.2	18	21.0 - 27.4
6	21.2	6.5	18	17.3 - 25.2
5	19.2	4.8	8	14.8 - 23.6
4	19.9	1.8	6	17.9 - 21.9
3	29.0	11.8	3	11.4 - 46.6
2	18.5	11.1	3	2.0 - 35.0
1	28.0	5.4	3	20.4 - 36.6
			240	

Apgar 7 - 10	Apgar 4 - 6	Apgar 1 - 3
$\bar{X}$ 23.460 $\pm$ 0.398	20.456 $\pm$ 0.887	25.166 $\pm$ 5.018
$2\alpha < 0.001$	$2\alpha < 0.001$	

Tabelle 18: Mittelwerte, Standardabweichungen und 99 %ige Vertrauensgrenzen der Mittelwerte für den Sauerstoffpartialdruck, isoliert für jede Apgar-Zahl; Differenz der 3 Untergruppen nach APGAR und Prüfung auf ihre Signifikanz

Proz. Sauerstoffsättigung (HbO_2), NA

Apgar 1 Min.	$\bar{X}$	SD	N	99 % Vertr.-Grenzen ($\bar{X}$)
10	48.9	14.1	114	45.5 - 52.4
9	48.6	18.1	36	40.9 - 56.4
8	45.5	10.9	33	40.6 - 50.4
7	46.8	16.7	19	36.9 - 56.7
6	40.0	18.2	18	28.9 - 51.0
5	34.2	15.7	8	19.9 - 48.5
4	34.5	6.3	6	27.8 - 41.2
3	53.6	23.4	3	18.7 - 88.5
2	32.8	27.0	3	- 7.4 - 73.0
1	-	-	-	- -
			233	

	Apgar 7 - 10	Apgar 4 - 6	Apgar 1 - 3
$\bar{X}$	48.093 $\pm$ 1.295	37.518 $\pm$ 2.860	43.200 $\pm$ 11.392
	$2\alpha < 0.001$	$2\alpha < 0.02$	

Tabelle 19: Mittelwerte, Standardabweichungen und 99 %ige Vertrauensgrenzen der Mittelwerte für die prozentuale Sauerstoffsättigung, isoliert für jede Apgar-Zahl; Differenz der 3 Untergruppen nach APGAR und Prüfung auf ihre Signifikanz

Die Diskontinuität der Mittelwerte einzelner Variablen (z.B. pH, pO_2, HbO_2; Tabellen 15, 18, 19) bei tieferen Apgar-Zahlen ist auf die geringe Fallzahl, auf die antepartale Zufuhr von Sauerstoff an die Mutter und mutmaßlich auch auf einige Fehlbestimmungen zurückzuführen. Gleichwohl sind die Differenzen der gewichteten Mittelwerte in den drei von APGAR vorgeschlagenen Untergruppen meist hochsignifikant. Diese Gruppierung umfaßt die stark deprimierten Kinder (Apgar 0 - 3), die mäßig deprimierten (Apgar 4 - 6) und die lebensfrischen Neugeborenen (7 - 10). Bei der Signifikanzprüfung wurde STUDENT's t-Statistik verwendet. Im vorliegenden Kollektiv kommt es also mit fallender Apgar-Zahl zu einer hypoxiebedingten, rein metabolischen, fetalen Azidose. Das Azidose-Risiko steigt dabei, gemessen am aktuellen pH in der NA, von 20,7 %, bei Apgar 10 - 7 über 38,3 %, bei Apgar 4 - 6 auf 47,4 %, bei Apgar 0 - 3 in einer parabolischen Kurve an. Das bedeutet, daß die diagnostische Aussagekraft der Apgar-Zahl mit zunehmendem Asphyxie-Grad, gemessen an den aktuellen pH-Werten, abnimmt; denn trotz fallendem Apgar-Index, d.h. zunehmender, klinisch meßbarer Depression, steigt das prozentuale Azidose-Risiko nur unwesentlich an. In der vorliegenden Arbeit wurde bewußt auf die umgekehrte Analyse (unabhängige Variable: pH, NA, abhängige Variable: Apgar-Zahl) verzichtet, da diese Art der Darstellung zu identischen Aussagen führen muß, jedoch statistisch weit schwierigere Probleme stellen würde, da rechenintensive, nicht parametrische Tests zum Vergleich der Apgar-Zahl-Verteilungen notwendig sind. Darüber hinaus ist die klinische Depression als Phänomen für den Geburtshelfer das Primäre, und die biochemischen Parameter sind sekundäre Meßgrößen. Tabelle 20 gibt eine Übersicht über die Spearman-Koeffizienten, die für die Rangkorrelationen zwischen Variablen des Säure-Basen-Haushaltes aus Nabelvene und -arterie sowie der herkömmlichen Apgar-Zahl und einer gewichteten Apgar-Zahl berechnet wurden (siehe Kapitel IV). Die beste Assoziation findet sich für den unkorrigierten Basenexzess und das aktuelle pH in der NA. Die aktuel-

len Blutgase (pCO_2, pO_2) sind in diesem Kollektiv schlecht korreliert. Im Blut aus der Nabelvene zeigt nur die Variable aktuelles pH eine signifikante Assoziation.

	Variable	Apgar 1 Min.		Gew. Apgar 1 Min.	
		R_s	t	R_s	t
NA	pH	0.3085	5.169***	0.3518	5.990***
	BE	0.3660	6.219***	0.3794	6.484***
	pCO_2	- 0.0216	- 0.341	- 0.0424	- 0.671
	HbO_2	0.1915	3.029**	0.1837	2.901**
	*2α < 0.05,	**2α < 0.01,		***2α < 0.001	
NV	pH	0.3226	5.454***	0.3466	5.912***
	BE	0.1060	0.833	0.1058	0.830
	pCO_2	- 0.0751	- 0.588	- 0.0756	- 0.592
	HbO_2	- 0.0575	- 0.856	- 0.0465	- 0.692
	*2α < 0.05,	**2α < 0.01,		***2α < 0.001	

Tabelle 20: Rang-Korrelations-Koeffizienten für Variable des SBH und der Apgar-Zahl nach 1 Min. sowie einem gewichteten Apgar-Wert

(AP = HAT + 3 x ATM + 4 x RFX + 4 x TON)

IV. Neue Modelle

Wenn man alle Daten in einem großen Computer gespeichert hat, wie bei der vorliegenden Studie, fällt es nicht schwer, beliebige, neue Bewertungsmodelle, die alle auf die fünf Apgar-Faktoren rekurrieren, auf ihre diagnostische Aussagekraft hin durchzuspielen. Das Maß der Aussagefähigkeit muß zuvor allerdings festgelegt, definiert werden. Da sich bisher in der Perinatologie nur 2 Bewertungssysteme, nämlich die Apgar-Zahl und die pH-Metrie, durchgesetzt haben, lag es nahe zu versuchen, den Grad der Assoziation zwischen diesen beiden Systemen durch neue Punktmodelle zu verbessern. Ein Maximum an Kongruenz zwischen diesen beiden Systemen ist klinisch in jedem Fall erstrebenswert, da in diesem Fall e i n Schlüsselparamter (d.h. ein klinischer Index) den anderen (z.B. das aktuelle pH) substituieren könnte. Dies würde im Idealfall bedeuten, daß man auf das routinemäßige Messen von pH-Werten etc. verzichten könnte. Gleichzeitig wäre der statistisch zu erwartende Fehler bekannt. So einleuchtend dieses Procedere aus klinischer Sicht ist, so unbefriedigend ist es aus erkenntnistheoretischen Gründen: Es besteht kein Zweifel daran, daß beide Systeme, die pH-Metrie und ein wie auch immer gearteter, klinischer Schlüssel, systematische Fehler und Schwächen aufweisen, Fehler, die nicht zu Lasten von Geräten und Personen gehen. Um die Brauchbarkeit der beiden Bewertungsgrößen prüfen zu können, müßte ein objektives Beurteilungssystem zur Verfügung stehen, an dem gewissermaßen als Nullpunkt die Fehlerhaftigkeit der beiden zur Diskussion stehenden Systeme bestimmt werden könnte. Da ein solches System bisher nicht vorhanden ist, bleibt dem Geburtshelfer nichts anderes übrig, als den skizzierten pragmatischen Weg zu gehen.

Es sei darauf hingewiesen, daß es prominente Perinatologen gibt, die in der pH-Metrie ein solch objektives System gefunden zu haben glauben und die den klinischen Wert der Apgar-Zahl vergleichsweise gering

einschätzen. Diese Auffassung führt dann manchmal dazu, daß Neugeborene, die klinisch einwandfrei deprimiert sind (z.B. Apgar 4), aber gute pH-Werte im Nabelschnurblut aufweisen, als 'lebensfrisch' bezeichnet werden und umgekehrt. In Wirklichkeit ist jedoch der klinische Zustand, der einen großen wesentlichen Teil der Lebensäußerungen bewertet, das primäre, unser Handeln bestimmende Faktum, und wir sollten akzeptieren, daß es Neugeborene gibt, die schwer deprimiert sind, obwohl sie noch gute pH-Werte haben. Aus diesen wenigen Gedanken geht hervor, daß es sinnvoll ist, nach einem neuen Punktsystem zu suchen, das ein höheres Maß an Korrelation mit den pH-Werten etc. aufweist.

Hierbei sind von Bedeutung:

1.) Das neue Punktsystem sollte ebenso leicht zu handhaben sein wie der originale Apgar-Schlüssel, denn nur eine leicht zu bestimmende Maßzahl wird breite Anwendung finden können.

2.) Es erscheint nicht ratsam, von den 5 Apgar-Faktoren prinzipiell abzuweichen, da trotz der erwähnten Mängel diese 5 Lebenszeichen ein gutes Bild des Zustandes eines Neugeborenen vermitteln. Nicht zuletzt sprechen auch die 20jährigen guten Erfahrungen mit dem Apgar-Schema für dieses Vorgehen.

Die Frage war demzufolge, ob es gelingen würde, aus den 5 Einzelfaktoren durch einfache Rechenoperationen ein Punktsystem zu schaffen, das besser mit den pH-Werten korreliert als die herkömmliche Apgar-Zahl.

Als Maßstab für die Assoziation wurde der Rangkorrelations-Koeffizient nach SPEARMAN verwendet. Aus Gründen der Übersicht wurden die Berechnungen nur mit dem aktuellen pH in der NA durchgeführt, da sich respiratorische wie metabolische Veränderungen des fetalen SBH in diesem Parameter gleichermaßen widerspiegeln.

Die herkömmliche Apgar-Zahl, bestehend aus fünf Lebenszeichen, hatte einen Korrelations-Koeffizienten R_s von 0.3085 mit dem aktuellen pH in der NA. Die beste Kombination aus 4 Lebensäußerungen (unter Weglassen der Herzfrequenz) ergab einen R_s-Wert von 0.3499.

Führt man Multiplikationsfaktoren für die einzelnen Indices ein, so erhöht sich dieser Koeffizient auf 0.3518.

Modell	Parameter	R_s	t	2α
Apgar-Zahl	5	0.3085	5.169	< 0.001
HAT + ATM + RFX + TON	4	0.3499		< 0.001
HAT + 3 x ATM + 4 x TON + 4 x RFX	4	0.3518	5.990	< 0.001
$HAT + 2^{ATM} + 3^{RFX} + 3^{TON}$	4	0.35195	5.9925	< 0.001

Das Potenzieren mit den Indices bringt statistisch keine nennenswerte, weitere Verbesserung. Auch die Analyse von 28 weiteren Modellen unter Berücksichtigung von anderen, ganzzahligen Multiplikatoren ergab, gemessen an den Korrelations-Koeffizienten, keine besseren Resultate. Das Einfügen der Herzfrequenz führte jedesmal zu einem erheblichen Rückgang der numerischen Werte von R_s.

Insgesamt ist jedoch der Gewinn an Assoziation zwischen den beiden Systemen klinisch nicht wesentlich, so daß die einfache Addition der 4 Faktoren bei Nichtberücksichtigung der Pulszahl als ausreichend erscheint. Ein statistischer Vergleich der Rangkorrelations-Koeffizienten über die Z-Transformation nach FISCHER ist nur bei Normalverteilung der beiden Variablen zulässig. Aus diesem Grunde wurden die SPEARMAN'schen Rangkorrelations-Koeffizienten nicht in PEARSON'sche Koeffizienten überführt.

Der Gewinn an Assoziation, der durch Weglassen der Pulszahl erzielt wird, ist numerisch weit größer als jener, der durch zusätzliche

Rechenoperationen erreicht werden kann. Eine Gewichtung der einzelnen Apgar-Faktoren ist demzufolge theoretisch sinnvoll (15, 11), praktisch jedoch ohne bedeutenden Nutzen, wenn man die hier vorgegebenen Beurteilungskriterien akzeptiert.

V. Weitere Parameter

Von mehreren Autoren wurden weitere Parameter angegeben, die sich für die Zustandsdiagnostik eignen sollen. JAMES (44) hat 1958 den Begriff der 'time to sustained respiration' (TSR) geprägt. Er versteht darunter den Zeitraum, der verstreicht, bis das Neugeborene eine kontinuierliche Spontanatmung entwickelt. SALING (27) und WULF (26) haben diesen Parameter wieder aufgegriffen und Normwerte dafür angegeben. So betrug dieser Zeitraum nach SALING bei 200 uneingeschränkt lebensfrisch geborenen Kindern im Mittel 28 Sek., der erste Schrei erfolgt durchschnittlich nach 15 Sek..

DE LA RAMA (46) versuchte aus den therapeutischen Maßnahmen einen 'Wiederbelebungsindex' zu erstellen und zeigte, daß dieser 'resuscitation-index' linear mit den aktuellen pH-Werten in der Nabelarterie korrelierte, während er für die Apgar-Zahlen nur bis Apgar 6 hinab eine lineare Korrelation für die pH-Werte fand. Dieser Wiederbelebungsindex setzt naturgemäß eine quantifizierende Diagnostik des Zustandes des Neugeborenen, also z.B. die Apgar-Zahl, und ein detailliertes, fixes Schema von Wiederbelebungsmaßnahmen voraus.

In der vorliegenden Arbeit wurde das Ausmaß der Korrelation zwischen der 'time to sustained respiration' einerseits und den aktuellen pH-Werten sowie den Apgar-Zahlen andererseits bestimmt. Es wurden wiederum Rangkorrelations-Koeffizienten nach SPEARMAN berechnet.

Dabei fanden sich rechnerisch folgende Zahlen:

Parameter	R_s	t	ν	2α
TSR - pH, NA	- 0.2968	- 4.76	235	< 0.001
TSR - Apgar 1 Min.	- 0.7462	- 17.21	236	< 0.001

Die mittlere TSR-Zeit betrug im vorliegenden Kollektiv 73.0 ± 102,2 Sek., das mittlere pH 7.266 ± 0.089 und der mittlere 1 Min.-Apgar 8.089 ± 2.204. Tabelle 21 gibt die mittleren TSR-Zeiten pro Apgar-Zahl wieder.

Apgar-Zahl	TSR (Sek.)	SD	N
10	17.5	11.2	104
9	29.7	21.0	26
8	49.5	55.5	32
7	119.7	74.5	29
6	123.0	60.8	13
5	241.3	111.9	16
4	244.1	60.3	8
3	348.0	278.8	5
2	154.0	192.3	2
1	92.0	128.1	3

Tabelle 21: Mittlere TSR-Zeiten pro Apgar-Zahl

Abb. 6 und 7 geben einen graphischen Eindruck dieser Korrelationen. Wie schon aus den Korrelations-Koeffizienten hervorgeht, ist die Abhängigkeit der TSR-Zeit von der Apgar-Zahl weit besser als vom aktuellen pH in der NA. Die mit sinkender Apgar-Zahl auftretende

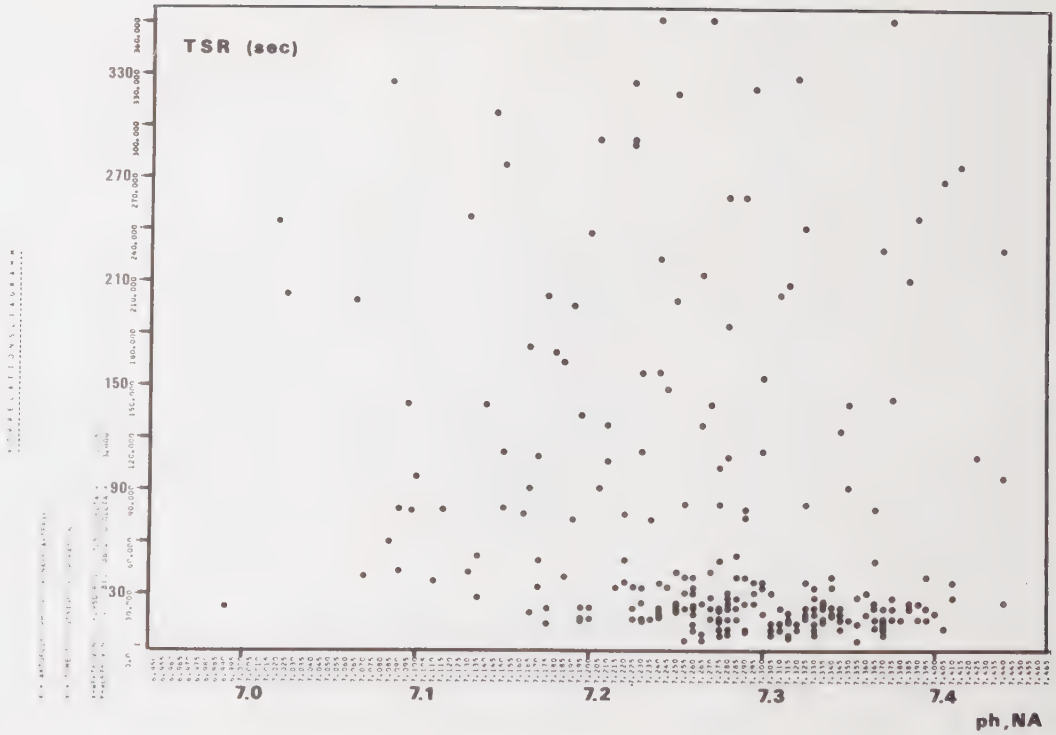

Abb. 6: Korrelationsdiagramm zwischen der time to sustained respiration (TSR) und dem aktuellen pH in der NA

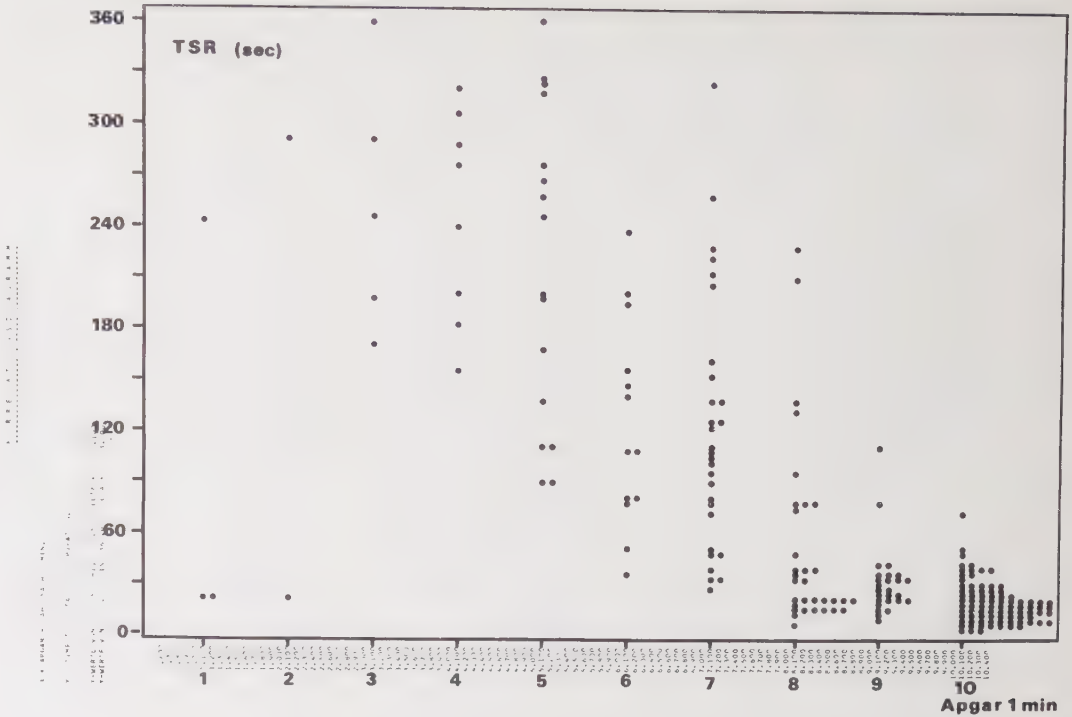

Abb. 7: Korrelationsdiagramm zwischen der time to sustained respiration (TSR) und der Apgar-Zahl nach 1 Min.

zunehmende Streuung der der TSR-Zeiten schränken die diagnostische Aussagekraft auch dieses Parameters deutlich ein. Es erscheint jedoch durchaus sinnvoll, diese Größe ebenfalls zu bestimmen und in Form eines 'Nebenschemas' - so wie es SALING (22) vorgeschlagen hat - zu dokumentieren. Eine wesentliche Verbesserung der diagnostischen Möglichkeiten ist mit diesem Parameter nicht gegeben.

Diskussion und Schlußfolgerungen

Bei der vorliegenden Studie, die an einem beschränkten, unausgewählten Kollektiv von Neugeborenen durchgeführt wurde, treten die Vor- und Nachteile der Apgar-Zahl offen zu Tage. Da die Vorteile hinreichend bekannt und dokumentiert sind, wird diesbezüglich auf eine ausführliche Diskussion verzichtet. Eine offensichtliche Schwäche ist in der Schrankendefinition für die Herzfrequenz des Neugeborenen zu sehen. Die Bewertung '0' sollte bereits bei einem Depressionsgrad, der ungefähr Apgar 3 - 4 entspricht, gegeben werden (Tabelle 10). Dies muß aufgrund der nachgewiesenen Parallelität im Verhalten der fünf Lebensfrische-Zeichen postuliert werden. Dies würde bedeuten, daß die zweite Schranke für die Herzfrequenz mutmaßlich bei 50 Schlägen/Min. angesetzt wird. Möglicherweise liegt sie jedoch noch tiefer. Die schlechte Korrelation der Neugeborenen-Herzfrequenz mit den aktuellen pH-Werten ist primär auf diesen Schrankenfehler zurückzuführen (34). Rein rechnerisch ist eine deutliche Zunahme des Korrelations-Koeffizienten für die Assoziation aktuelles pH, NA und so modifizierter Apgar-score zu erwarten. Insgesamt würde weiterhin daraus folgen, daß der Prozentsatz an Kindern mit niedrigen Apgar-Zahlen (0 - 3) zunimmt, da der Summand 1 für die Herzfrequenz häufiger fehlt.

Bei Neugeborenen mit dem score 1 wäre nur noch der Faktor Reflexirritabilität mit einem Punkt vertreten. Ferner könnte und müßte ein Kind mit Apgar 0 noch registrierbare Herzaktionen aufweisen. Die Schlagfrequenz muß bei diesem score sicher unter der 2. Schranke liegen; sie wird jedoch vermutlich tiefer sein und dem klinischen Bild eines meist irreversibel geschädigten Neugeborenen entsprechen. Da der klinische Tod und ein irreversibler Schockzustand prognostisch gleichwertig sind, wäre diese neue Schrankendefinition mit dem gesamten Bewertungssystem vereinbar. Ein solches Modell läßt sich auf dem Computer leicht simulieren; allein die Fülle von neuen Resultaten würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Dieser Denkansatz läßt allerdings die prinzipielle diagnostische Eignung der Pulszahl für die Zustandsdiagnostik des Neugeborenen außer acht. Die von SALING (27, 42, 43), BERG und SALING (34), WULF (26), DAWES (41), SOERGEL (22) erwähnten Argumente sprechen gegen die Eignung. In der vorliegenden Arbeit können diese Gründe jedoch weder bestätigt noch entkräftet werden, da der Füllungszustand der Nabelschnur nicht dokumentiert wurde.

Die Idee der Gewichtung der einzelnen von APGAR verwendeten Faktoren ist nahezu ebenso alt wie der Schlüssel selbst. APGAR hat jedoch vor einer solchen Gewichtung gewarnt, da sie befürchtete, daß der score dann an Praktikabilität einbüßen würde (11).

KEUTH und EISELE (15) haben die uniforme Behandlung der fünf Faktoren ebenfalls kritisiert. Die hier vorliegende Analyse zeigt jedoch, daß diese Kritik, so einleuchtend sie theoretisch erscheinen mag, praktisch unbegründet ist. Eine Fülle von gewichteten Apgar-Modellen erbrachte keine prinzipielle, klinisch relevante Verbesserung, gemessen an dem Grad der Assoziation mit den aktuellen pH-Werten. Auch die Tatsache, daß die fünf berücksichtigten Lebensfunktionen des Neugeborenen ver-

schieden sensibel sind, ließ sich nicht für ein brauchbares, neues Modell verwenden, das rechnerisch erheblich höhere Koeffizienten ergeben hätte. Dieses Problem kann allerdings anhand des vorliegenden Kollektivs nicht definitiv entschieden werden: es ist nämlich sehr gut möglich, daß innerhalb einer Apgar-Zahl (z.B. Apgar 5) bei ausreichend großer Anzahl an Beobachtungen ($n \geqq 100$) ein gewichteter Apgar-score eine befriedigendere Korrelation mit dem SBH aufweist. Dies ist möglich, da qualitativ 'Apgar 5' nicht gleich 'Apgar 5' ist, sondern weil sich hinter der Summe 5 tatsächlich 10 oder mehr verschiedene Kombinationstypen verbergen, die klinisch untereinander nicht gleichwertig sein müssen. Es ist vielmehr anzunehmen, daß ein Verlust von 2 Punkten für die Hautdurchblutung bei einer Gesamtsumme von 5 in der Tat mit schlechteren pH-Werten einhergeht, da offenbar in der Peripherie des Feten ein großer Anteil der sauren, des pH bestimmenden Metaboliten gebildet wird. Dieses Problem kann jedoch anhand des hier untersuchten Materials nicht endgültig geklärt werden.

Über die gegenseitige Abhängigkeit der Parameter des fetalen SBH und der Apgar-Zahl ist viel geschrieben worden (45, 33, 32, 11, 44, 22, 23, 46, 47, 48, 49, 50). Insgesamt fanden nahezu alle Untersucher befriedigende Korrelationen zwischen den beiden Bewertungssystemen. Generell ist die Assoziation für das aktuelle pH am besten und für den Sauerstoffpartialdruck und die Sauerstoffsättigung am unbefriedigendsten. APGAR wies eine nicht lineare Abhängigkeit der Pufferbase vom klinischen Zustand des Neugeborenen nach. Die Werte wurden im Aortenblut bei 77 Neugeborenen gemessen (11). Im vorliegenden Kollektiv zeigten das aktuelle pH in der NA und der unkorrigierte Basenexzess die beste Korrelation mit den Apgar-Werten, während das pCO_2 auch bei niedrigem Apgar keine Veränderungen aufwies, was vermutlich auf die Read'sche Atemtechnik zurückzuführen ist. Die Korrelationsanalyse wurde über die in Tabelle 20 gegebenen Daten wegen der zu geringen Fallzahl bei den niedrigeren Apgar-Werten und der zu großen Irrtumswahrscheinlichkeit nicht weiterverfolgt.

Bemerkenswert und in krassem Widerspruch zu den Resultaten von CRAWFORD (33) ist die nachgewiesene gute Rangkorrelation der Hautdurchblutung mit den aktuellen pH-Werten. In der vorgelegten Untersuchung zeigte der Faktor Haut im Vergleich mit den anderen 4 Einzelkomponenten die bei weitem beste Assoziation mit dem Aziditätsgrad des Nabelarterienblutes. Dies erscheint auch durchaus sinnvoll und stützt die von SALING formulierte Theorie der O_2-Sparschaltung des fetalen Kreislaufes, die als Antwort auf ein Minderangebot an Sauerstoff eintritt (50). Vermutlich werden bevorzugt in der fetalen Haut und dem subkutanen Fettgewebe bei Hypoxaemie saure Metaboliten (Laktat, Pyruvat) über die anaerobe Glycolyse gebildet. 'Letztlich ist das Bild der Asphyxia pallida nichts weiteres als ein fortgeschrittenes Stadium der O_2-Sparschaltung' (SALING (50)). Wie wichtig bei diesem Befund die genaue Beobachtung und Dokumentation ist, zeigt die Tatsache, daß die simultane Routinebewertung der Hautdurchblutung durch den Geburtshelfer einen weit schlechteren Koeffizienten und eine andere Rangfolge im Vergleich mit den 4 übrigen Faktoren ergab:
Rang 2 und den Wert $R_s = 0.2427$, $t = 3.987$, $2\alpha < 0.001$.

Die von CRAWFORD gefundenen Resultate, die die Bewertung der Hautdurchblutung praktisch ad absurdum führen, können in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden; sie erscheinen pathophysiologisch auch wenig wahrscheinlich.

Zusammenfassung

Bei 260 unausgewählten, sequentiell aufeinander folgenden Geburten (Schnittentbindungen sind ausgeschlossen worden) wurden vom Autor und dem Geburtshelfer unabhängig voneinander nach 1 Min. und 5 Min. die fünf Lebensfrischezeichen nach APGAR simultan bestimmt. Der Autor hat unmittelbar post partum die aktuellen Blutgase und die Variablen des kindlichen Säure-Basen-Haushaltes im Nabelschnurblut gemessen. Alle klinischen und biochemischen Daten wurden auf Lochkarten gebracht. Der Autor hat in Zusammenarbeit mit der IBM Schweiz und Dr. V.M. Roemer (Frauenspital Basel) nach Erlernen der Programmiersprache Fortran IV ein großes Computerprogramm entwickelt, mit dessen Hilfe alle Probleme analysiert werden konnten. Bei der Durchführung stand ein IBM-System 370/155 des Kantons Basel-Stadt zur Verfügung.

Ergebnisse:

1.) Die vom Autor mit Stoppuhr und Stethoskop bestimmten Apgar-Zahl-Verteilungen entsprachen dem internationalen Standard.

2.) Bei den routinemäßig (durch den Geburtshelfer) bestimmten Apgar-Zahlen fand sich eine starkeTendenz zur Überbewertung des klinischen Zustandes des Neugeborenen. In 22 % der Fälle wurde die Apgar-Zahl zu hoch, in 0,4 % zu tief und in $\sim$ 78 % numerisch gleich bestimmt. Für die Apgar-Zahl nach 5 Min. betrugen die Prozentsätze $\sim$ 8 %, 0,4 % und 92 %. Die Fehler wurden besonders bei den Apgar-Werten 5 bis 9 gemacht. Bei diesen Zahlen wurde das Ausmaß der numerischen Abweichung nicht berücksichtigt. Da sich hinter diesen Zahlen zusätzliche Fehler verbergen können, die zustande kommen, wenn sich in einem score Plus- und Minus-Abweichungen durch die Addition ausgleichen, wurde die Tendenz zur Fehlbeurteilung für das ganze Zahlenmuster und die einzelnen Lebenszeichen isoliert

analysiert. Identische Muster fanden sich in 24,7 %. Die Tendenz zur Überbewertung betrug im Mittel 7,75 % und war bei der Beurteilung des Hautkolorits am höchsten (10,5 %) und bei der Beurteilung des Muskeltonus des Neugeborenen (5,0 %) am geringsten. Zu niedrige Bewertungen fanden sich durchschnittlich in 1,24 % der Fälle.

3.) Mit Hilfe einer Binomialgleichung wurde die theoretische und tatsächliche Variabilität der Apgar-Zahlen bestimmt: Von insgesamt 243 möglichen, verschiedenen Kombinationstypen (wobei auf Apgar 5 allein 51 entfallen) sind von der Natur nur 45 realisiert. Diese Variabilität war bei Apgar 7 am größten (n = 9) und nahm mit zunehmender Asphyxie des Neugeborenen ab. Die absolute und relative prozentuale Häufigkeit der beobachteten Kombinationstypen für jede Apgar-Zahl wurde angegeben.

4.) Die am häufigsten vertretenen Kombinationstypen pro Apgar-Zahl lassen eine klare Parallelität im Verlust von jeweils 1 bis 2 Wertungspunkten erkennen mit Ausnahme der Neugeborenen-Herzfrequenz. Dies ist auf die unbefriedigende Schrankendefinition für den Pulsschlag ($\leq$100 Schläge/Min. = 1, keine Herztöne hör-, fühl-, sichtbar = 0) zurückzuführen.

5.) Diese Betrachtungsweise wurde systematisiert und der Parameter des prozentualen Punktverlustes pro Apgar-Zahl und Lebenszeichen eingeführt. So gelang es, alle Kombinationstypen eines scores quantitativ zu erfassen und eine Graphik der Empfindlichkeit der fünf Lebensäußerungen des Neugeborenen über alle Apgar-Zahlen zu erstellen. Dabei fand sich eine Rangordnung der Sensibilität der einzelnen Faktoren, an deren Spitze die Hautfarbe steht, gefolgt von Atmung, Tonus und Reflexen. Die Herzfrequenz ließ auch hier eine Parallelität vermissen; dies ist wiederum auf die ungünstige Schrankendefinition zurückzuführen.

6.) Die Rangkorrelationsrechnung der einzelnen, nach APGAR quantifizierten Lebenszeichen und aller möglichen Kombinationen mit dem aktuellen pH in der NA ergab für die Hautfarbe als Einzelfaktor und für die Summe von 4 Faktoren (ohne Herzfrequenz!) die höchsten Koeffizienten. Das Einbeziehen des scores (2, 1, 0) für die Neugeborenen-Herzfrequenz schwächte alle SPEARMAN'schen Rangkorrelations-Koeffizienten erheblich ab.

7.) Auf diesen Resultaten aufbauend wurde ein neues Punktsystem durchgerechnet, in dem nur 4 Apgar-Zahlen (Haut, Atmung, Tonus und Reflexe) berücksichtigt wurden. Diese 4 Lebenszeichen wurden mit Faktoren multipliziert und dann addiert. Der so berechnete neue score zeigte eine bessere Assoziation mit den aktuellen pH-Werten. Wegen der geringen Fallzahl konnte das Problem statistisch jedoch nicht völlig analysiert werden. Die Frage nach den klinischen Vorteilen dieses Scores blieb noch offen.

8.) Für die Variablen pH, pCO_2, pO_2 und BE im Nabelarterienblut werden tabellarisch die Mittelwerte, Standardabweichungen und 99 % Vertrauens-Grenzen für jede Apgar-Zahl angegeben. Ferner wurden Rangkorrelationen für die Apgar-Zahl und die Variablen pH, pCO_2, BE und HbO_2, gemessen in Nabelarterie und Vene, angegeben.

9.) Es wird eine neue Schrankendefinition für die Herzfrequenz gefordert, die bei 50 - 40 Schlägen/Min. liegen soll: Unterhalb dieser Schlagfrequenz sollte bereits eine 0-Bewertung gegeben werden.

10.) Die 'time to sustained respiration' (TSR) wurde vom Autor mit der Stoppuhr bestimmt. Ihre Korrelation mit dem SBH und dem Apgar-Index des Neugeborenen wurde errechnet. Es ergab sich eine hochsignifikante Korrelation mit dem Apgar-Wert nach 1 Min. (R_s = - 0.7462) und eine weniger gute, aber noch signifikante Korrelation mit dem aktuellen pH in der NA (R_s = - 0.2968). Die Verwendung der TSR in einem Nebenschema zum Apgar-Schema wird vorgeschlagen.

11.) Die Resultate wurden diskutiert.

Literatur

1. Apgar, V.: A proposal for a New Method of Evaluation of the Newborn Infant. Curr. Res. Anesth. 32, 260-267 (1953)

2. Piskaczek, L.: Lehrbuch für Schülerinnen des Hebammenkurses. Wilh. Braunmüller, Wien-Leipzig 1912, 5. Aufl.

3. Flagg, P.J.: Treatment of asphyxia in the newborn. J. Amer. med. Ass. 91, 788 (1928)

4. Lund, C.J.: Prevention of Asphyxia neonatorum. Amer. J. Obstet. Gynec. 41, 934-948 (1941)

5. Merdler-Paltin, K.: Zur Physiologie und Klinik der hyperoxämischen, nicht asphyktischen Neugeborenenapnoe. Zbl. Gynäk. 78, 1713 (1956)

6. Craig, J., M.S. Fraser: The respiratory difficulties of caes. babies. Ann. Paediat. Fenn. 3, 143 (1957)

7. Hüter, K.A.: Vergleichende Untersuchungen zur psychoprophylaktischen und medikamentösen Geburtsleitung unter besonderer Berücksichtigung der Neugeborenenasphyxie. Geburtsh. u. Frauenheilk. 22, 279-286 (1962)

8. Apgar, V.: The Newborn (Apgar) Scoring System Reflections and Advice. Pediat. Clin. N. Amer. 13, 645-650 (1966)

9. James, L.S.: Acidosis of the Newborn and its relation to birth Asphyxia. Bull. Sloane Hosp. Wom. N.Y., Vol. V, Nr. 4 (1959)

10. Berg, D., J. Dörrler: Das Verhalten des Säure-Basen-Haushaltes am ersten Lebenstag unter besonderer Berücksichtigung der ersten Lebensminuten. Geburtsh. u. Frauenheilk. 29, 980-994 (1969)

11. Apgar, V., D.A. Holaday, L.S. James, I.M. Weisbrod, C. Berrien: Evaluation of the newborn infant - second report. J. Amer. med. Ass. 168, 1985 (1958)

12. Apgar, V., L.S. James: Further Observations on the Newborn Scoring-System. Amer. J. Dis. Child. 104, 133-142 (1962)

13. Apgar, V., L.S. James: The first sixty seconds of live in: Resucitation of the newborn infant, Ed Harold Abramson. The C.V. Mosby Comp. Saint Louis 1973, page 133-146

14. Ikonen, R.S.: Apgar scoring and causes of neonatal death. Ann. clin. Res. 1, 114-119 (1969)

15. Keuth, U., O.G. Eisele: Untersuchungen zum Aussagewert von Apgar-Noten und Nachgeburt - Kind - Gewichtindex bei Frühgeborenen. Mschr. Kinderheilk. 115, 227-231 (1967)

16. Drage, J.S., H. Berendes: Apgar Scores and outcome of the Newborn. Pediat. Clin. N. Amer. 13, 635-643 (1966)

17. Barrie, H.: The Apgar evaluation of the newborn infant. Develop. Med. Child. Neurol. 4, 128 (1962)

18. Drage, J.S., C. Kennedy, B.K. Schwarz: The Apgar-Score as an Index of Neonatal Mortality. Obstet. and Gynec. 24, 222 (1964)

19. Bretscher, J.: Die Beurteilung neugeborener Kinder nach dem System von APGAR. Gynaecologia (Basel): 155, 138-141 (1963)

20. Hickl, E.J.: Der 'fetale Distress' (vorläufige Mitteilung). Fortschr. Med. 82, 723 (1964)

21. Snoeck, J., P. Piraux: Valenz elinique de l'indice d'Apgar. Bull. Soc. roy. belge Gynéc. Obstét. 32, 61, (1962)

22. Soergel, W., M. Marcotty, U. Philipp, W. Rehrmann, H.J. Rouff: Klinischer status praesens und postportale Blutgasanalyse des Neugeborenen. Geburtsh. u. Frauenheilk. 30, 1083-1088 (1970)

23. Bretscher, J.: Die Säure-Basen-Verhältnisse des menschlichen Feten mit besonderer Berücksichtigung der Störung des umbilikalen Kreislaufes. Hbit.-Schrift Zürich, 1968

24. Roemer, V.M., et al.: Evaluation of fetal risk resulting from cord-entanglements during parturition. Arch. Gynäk. (im Druck)

25. Innamorati, G., G.M. Reudina, A. Rutigliano: Contributo clinico - statistico allo studio dell' indice di Apgar neonatale in rapporto auche ai valori del pH fetale. Clin. ostet. ginec. 72, 325-337 (1970)

26. Wulf, H.: Der Neugeborenen-Index. Z. Geburtsh. Gynäk. 163, 270-278 (1965)

27. Saling, E.: Zustandsdiagnose beim Neugeborenen unmittelbar nach der Geburt. Gynaecologia (Basel) 160, 133-156 (1965)

28. Saling, E.: Erstmalige Blutglasanalysen und pH-Messungen am Feten unter der Geburt und die klinische Bedeutung dieses neuen Verfahrens. Arch. Gynäk. 198, 82 (1962)

29. Saling, E.: Neue Untersuchungsergebnisse über den Kreislauf des Kindes unmittelbar nach der Geburt. Arch. Gynäk. 194, 287 (1960)

30. Merdler-Paltin, K.: Zur Frage der Pathogenese, Klassifizierung, Pathologie und Behandlung des Scheintodes des Neugeborenen. Zbl. Gynäk. 77, 302 (1955)

31. Wulf, H.: Zur Diagnose der Neugeborenenapnoe. Z. Geburtsh. Gynäk. 152, 98 (1959)

32. Crawford, S.J.: Maternal and cord blood at delivery. III Parameters of respiratory exchance (Apgar-score). Amer. J. Obstet. Gynec. 96, 382-387 (1966)

33. Crawford, S.J., P. Davies, J.P. Pearson: Significance of the individual components of the Apgar-score. Brit. J. Anaesth. 45, 148 (1973)

34. Berg, D., E. Saling: Kritische Betrachtung der Zustandsdiagnostik beim Neugeborenen nach einem Punktsystem. Geburtsh. u. Frauenheilk. 23, 238-247 (1968)

35. Apgar, V., D.A. Holaday, L.S. James, I.M. Weisbrod, C. Berrien: Evaluation of the newborn infant - second report. J. Amer. med. Ass. 168, 1985-1988 (1958)

36. Hellegers, A.E., J.J.P. Schruefer: Nomograms and empirical equations relating oxygen tension, percentage saturation and pH in maternal and fetal blood. Amer. J. Obstet. Gynec. 81, 377 (1961)

37. Siggaard-Andersen, O., K. Engel: A new acid-base nomogram. Scand. J. clin. tab. Invest. 12, 177 (1960)

38. Roemer, V.M., M. Hinselmann, F. Leuenberger, R. Bärtschi, M. Favre: Computer-Analysis of Obstetrical and Biochemical data, first results. In: Proceedings of the international symposium on the treatment of foetal risks. Baden (Austria) May 72 Ed.: K. Baumgartner and A. Wesselius-de Casparis, part. 3

39. Caseaux: zitiert nach Wulf, H. (26): Der Neugeborenen-Index. Z. Geburtsh. Gynäk. 163, 270-278 (1965)

40. Roemer, V.M., E. Ruppin: Blutgasanalytische, elektro- und kardiotokographische Befunde bei einem Fall von schwerer intrauteriner Asphyxie. Geburtsh. u. Frauenheilk. 319, 853 (1971)

41. Dawes: zitiert nach Wulf, H. (26): Der Neugeborenen-Index. Z. Geburtsh. Gynäk. 163, 270-278 (1965)

42. Saling, E.: Erstmalige Blutgasanalysen und pH-Messungen am Feten unter der Geburt und die klinische Bedeutung dieses neuen Verfahrens. Arch. Gynäk. 198, 82 (1962)

43. Saling, E.: Mikroblutuntersuchungen am Feten; klinischer Einsatz und erste Ergebnisse. Z. Geburtsh. Gynäk. 162, 56 (1964)

44. James, L.S., I.M. Weisbrod, C.E. Prince, D.A. Holaday, V. Apgar: The acid-base status of human infants in relation to birth asphyxia and the onset of respiration. J. Pediat. 52, 379-394 (1958)

45. Kubli, F., H. Rüttgers, V. Lorenz, D. Berg: Cause and effect of abnormal fetal pH in Cord Blood. Int. J. Gynaec. Obstet. 8, 872-894 (1970)

46. de la Rama, F.E., I.R. Merkatz: Evaluation of fetal scalp pH with an proposed new clinical assessment of the neonate. Amer. J. Obstet. Gynec. 107, 93 (1970)

47. Hon, E.H., A.F. Khazin, R.H. Paul: Biochemical studies of the fetus. II. fetal pH and Apgar scores. Obstet. Gynec. 33, 237-255 (1969)

48. Khazin, A.F., E.H. Hon, E.J. Quilligan: Biochemical studies of the fetus. III. Fetal base and Apgar scores. Obstet. Gynec. 34, 592-609 (1969)

49. Khazin, A.F., et al.: Biochemical studies of the fetus. V. Fetal pCO_2 and Apgar scores. Obstet. Gynec. 38, 535 (1971)

50. Saling, E.: Die O_2-Sparschaltung des fetalen Kreislaufes. Geburtsh. u. Frauenheilk. 26, 413-419 (1966)

51. Hotelling, H., M.R. Pabst: Rank correlation and tests of significance involving no assumption of normality. Ann. Math. Statist 7, 29-43 (1936)

52. Kendall, M.G.: Rank correlation methods 1948 London: Griffin

53. Kendall, M.G.: Rank and product-moment correlation. Biometrika 36, 177-193 (1949)

54. Siegel, S.: Nonparametric statistics for the behavior sciences. International student edition, McGraw - Hill Book Company 1956

Lebenslauf

Am 29.12.1947 wurde ich, Volker Sänger, als einziger Sohn des Arztes Dr. med. Carl Ernst Sänger und seiner Frau Carola, geb. Spiritus, in Wuppertal geboren. Aus beruflichen Gründen verzogen meine Eltern 1953 nach Biberach an der Riss, wo ich 1954 eingeschult wurde. 1958 wechselte ich an das Wieland-Gymnasium über und legte dort 1966 das Abitur ab.

Nach einem Wartesemester, in dem ich an der naturwissenschaftlichen Fakultät eingeschrieben war, erhielt ich zum Sommersemester 1967 die Zulassung zum Medizinstudium an der Universität Hohenheim, wo ich 1968 das Vorphysikum bestand. Im folgenden Semester kehrte ich nach Tübingen zurück und legte dort 1970 mein Physikum ab.

Im zweiten klinischen Semester wechselte ich für ein Semester an die Universität Bonn.

Am 26.7.1973 bestand ich mein medizinisches Staatsexamen. Seit dem 1.10.1973 bin ich am Kreiskrankenhaus Biberach als Medizinalassistent tätig.